



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VESA FAGERLUND

VARASTO-OHJAUTUVAN TUOTANNON OSAPROSESSIN TUO-
TANNONOHJAUKSEN KEHITTÄMINEN PK-YRITYKSESSÄ

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jussi Heikkilä
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
2. toukokuuta 2018

TIIVISTELMÄ

VESA FAGERLUND: Varasto-ohjautuvan tuotannon osaprosessin tuotannonohjauksen kehittäminen pk-yrityksessä
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 76 sivua, 3 liitesivua
Heinäkuu 2018
Tuotantotalouden diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Tuotannonohjaus ja logistiikka
Tarkastaja: professori Jussi Heikkilä

Avainsanat: tuotannonohjaus, tuotannonsuunnittelu, tuotannonohjausmenetelmä, imuohjaus

Tuotannonohjauksen optimaalinen toteuttaminen vaatii systemaattista tuotannon analysointia. Ihanteellisessa tilanteessa tuotanto tapahtuisi nopeasti ilman tarpeettomia varastoja oikein mitoitetuilla tuotantomäärillä. Optimaalisia tuotannonohjaustapoja on tutkittu sekä matemaattisen mallintamisen että käytäntöön sovellettujen tutkimusten avulla. Alan kirjallisuudessa esitellään useita tuotannonohjausmenetelmiä erilaisiin toimintaympäristöihin. Erilaisten tuotannonohjausmenetelmien avulla määritetään tuotantomäärät ja tuotannon aloitusajankohdat eri tavoin.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli luoda uusi tuotannonohjaustapa kohdeyrityksen muovikomponenttien valmistukselle. Työn tutkimuskysymys oli: *”Millä tuotannonohjausratkaisulla parannetaan tuotantoprosessin eri vaiheiden välistä koordinaatiota ja sen tuloksena prosessin läpivirtausta?”*. Tämä työ toteutettiin tapaustutkimuksen avulla. Työssä tutkimusmenetelminä käytettiin havainnointitutkimusta, osittain strukturoituja haastatteluita sekä vapaata havainnointia. Tutkimuksen aineistoina olivat myös kirjallisuuslähteet sekä yrityksen tietojärjestelmästä kerätyt tiedot.

Työssä havaittiin kohdeyrityksen erilaisten muovikomponenttien määrän, kysyntävaihtelun ja lopputuotemuunnosten monimutkaistava vaikutus muovikomponenttien tuotannonohjaustavan valinnalle. Suurimpina nykytilan ongelmina havaittiin informaation kulkemattomuus tuotantovaiheiden välillä ja tuotantomäärien valinnan vaikeudet.

Työn ratkaisuehdotuksena muovikomponenttien tuotannonohjausta ehdotetaan toteutettavan muunneltua Generalized Kanban -menetelmää hyödyntäen. Menetelmässä kysyntäinformaatiota siirretään kortteja sekä tuotantotaulua käyttäen, ja tuotantomäärät määräytyvät varastosaldojen perusteella. Ratkaisuehdotus auttaa ratkaisemaan nykytilan ongelmat kysyntäinformaation kulkemisessa ja tuotantomäärien valinnoissa, minkä ansiosta ratkaisuehdotusta voidaan pitää onnistuneena. Ehdotuksen onnistumista rajoittaa menetelmän implementoinnin puuttuminen tämän diplomityön laajuudessa.

ABSTRACT

VESA FAGERLUND: Development of production planning and control of a sub-process in the context of an SME firm's make-to-stock production

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 76 pages, 3 Appendix pages

July 2018

Master's Degree Programme in Industrial Engineering and Management

Major: Operations Management and Logistics

Examiner: Professor Jussi Heikkilä

Keywords: production planning and control, production control policy, pull production

Production planning and control system needs to be studied systematically to achieve an optimal system design. Ideally, production is performed promptly without unnecessary work-in-process stock. Optimal production planning and control methods have been studied by mathematical modelling and by practical studies. There are various production control policies introduced in the production planning and control literature. Policies differ in the way production volume and timing is determined.

The objective of this study was to create a new production planning and control policy to the target company's plastic component production. The main research question was: *"What production planning and control solution helps to improve coordination of the different production phases and hence, the throughput of the production process?"*. This study was conducted as a case study research. The used research methods in this study were a free observation, a semi-structured interview and an observation. A literature review and information from the company's information system were also used during this research.

The finding of the thesis was the complicating impact of the number of plastic components, demand fluctuation and product variants have for choosing the production planning and control policy in the target company. The major difficulties in the current state are poor information flow and ambiguity of the production volume for components.

The suggestion for company's plastic component production planning and control policy is to apply modified Generalized Kanban –system. The system works with cards and a production board to transfer the demand information and the stock levels define the production volume. The solution helps to improve the information flow and to determine the production volume and hence, makes the solution appropriate. The success of the suggested policy is limited by the fact that it was not implemented within the scope of this master thesis.

ALKUSANAT

Tämän diplomityön myötä oma identiteettinä on muuttumassa pois opiskelijastatuksesta. Myönnän kyseessä olevan melko hämmästyttävä ja suuri muutos. Kuitenkin kaikki elämän suurimmat iloa tuottavat asiat ovat lähtöisin muutoksista, joten innostuneena lähdän kohti uusia haasteita.

Haluan erityisesti kiittää kohdeyritystä VS-Harja Oy:tä mahdollisuudesta tämän diplomityön tekemisellä. Henri Valtasen johdolla koko työyhteisö on tarjonnut kannustavan ilmapiirin työn tekemiselle. Osoitan myös kiitokseni työn tarkastajalle ja valvojalle professori Jussi Heikkilälle. Ilman hänen oivaltavia neuvojaan diplomityön tekeminen ei olisi ollut mahdollista.

Lopuksi haluan osoittaa kiitokseni perheelleni. Ilman puolisoni Ilonan tukea diplomityön tekeminen ei olisi onnistunut. Hänen kannustuksensa on auttanut työskentelemään diplomityön parissa sen valmiiksi saamiseksi. Koko perheeni on kannustanut, tukenut ja uskonut minuun koko opiskelujeni ajan, josta haluan osoittaa heille kiitokseni.

Toijalassa, 6.7.2018

Vesa Fagerlund

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Tavoitteet ja rajaukset	2
1.3	Työn rakenne.....	3
2.	KOHDEYRITYKSEN JA SEN TUOTANTOPROSESSIN ESITTELY	4
2.1	VS-Harja Oy lyhyesti	4
2.2	Muovikomponenttien valmistusprosessi	5
3.	TEORIAA	8
3.1	Tuotantojärjestelmän strateginen merkitys	8
3.2	Tuotannon toteuttamisen valintoja	10
3.2.1	Varastojen merkitys tuotannossa	12
3.2.2	Työntö- ja imuohjaus	14
3.2.3	Virtautettu ja ajastettu tuotanto	15
3.2.4	Tuotannon suorituskyvyn mittaaminen.....	17
3.3	Tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmä.....	17
3.4	Tuotannonohjausmenetelmien esittely	19
3.4.1	Aikaperusteiset menetelmät	19
3.4.2	Ylijäämäperusteiset menetelmät	21
3.4.3	Symboliperusteiset menetelmät	21
4.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO.....	33
4.1	Tutkimuksen metodologiset valinnat	33
4.2	Aineisto, menetelmät & aineiston analyysi.....	34
4.3	Aikataulu	36
5.	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	38
5.1	Nykytilanne osaprosessiin liittyen	38
5.1.1	Tuotannon strategisia valintoja	38
5.1.2	Yrityksen materiaali- ja informaatioprosessi	38
5.1.3	Muovikomponenttien valmistamismäärät.....	40
5.1.4	Tuotannonohjausprosessin nykytila muovipuolella vapaan havainnoinnin perusteella.....	42
5.2	Tulokset havainnointitutkimuksesta ja haastatteluista	45
5.2.1	Muovipuolella toteutetun havainnoinnin tulokset.....	45
5.2.2	Harjastuksen havainnoinnin tulokset	47
5.2.3	Haastatteluiden tulokset	48
5.2.4	Yhteenveto havainnointitutkimuksen ja haastatteluiden vastauksista tutkimuksen alakysymyksiin	52
5.3	Haasteet prosessissa tällä hetkellä.....	53
5.4	Muovikomponenttien kategorisointi menekin perusteella	54
6.	TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	57
6.1	Tuotannonohjausmenetelmän vaihtoehtoiset ehdotukset.....	57

6.1.1	Päivitetyn Kanban-menetelmän soveltaminen.....	58
6.1.2	Muunnellun Generalized Kanban -menetelmän soveltaminen	59
6.1.3	Conwip-menetelmän soveltaminen.....	60
6.1.4	Conwip/Kanban-menetelmän soveltaminen	60
6.1.5	Tuotannonohjausmenetelmäehdotuksen valinta	61
6.2	Varastotasojen valinta tuotteille	62
6.3	Valitun ehdotuksen toteuttaminen käytännössä	63
6.4	Ehdotetun ohjausmenetelmän hyötyjen mittaaminen ja seuraaminen	68
7.	PÄÄTELMÄT	70
7.1	Yhteenveto	70
7.2	Työn onnistumisen arviointi.....	71
7.3	Jatkotutkimustarve	72
	LÄHTEET.....	73

LIITE A: MUOVIPUOLEN DATANKERUULOMAKE

LIITE B: HARJASTUSPUOLEN DATANKERUULOMAKE

LIITE C: HAASTATTELUKYSYMYSRUNKO

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1.</i>	<i>Työn rajausta osana yrityksen tuotantoprosessia.</i>	<i>3</i>
<i>Kuva 2.</i>	<i>Muovimateriaalin, väriaineen ja vaahdon annostelija ja sekoittaja.</i>	<i>6</i>
<i>Kuva 3.</i>	<i>Muovikomponentteja liikuteltavissa laatikoissa välivarastossa.</i>	<i>7</i>
<i>Kuva 4.</i>	<i>Asiakasarvon yhteys tuotantojärjestelmään.</i>	<i>9</i>
<i>Kuva 5.</i>	<i>Tuotantojärjestelmän osat osana yrityksen liiketoimintaa (Jacobs et al. 2011).</i>	<i>9</i>
<i>Kuva 6.</i>	<i>Asiakastilauksen kohdentamispiste (OPP) eri tuotantomuodoissa ja sen vaikutus tuotannonohjaukseen (Olhager 2008).</i>	<i>11</i>
<i>Kuva 7.</i>	<i>Varastomäärän taloudellinen vaikutus (mukaillen Ptak et al. 2013).</i>	<i>12</i>
<i>Kuva 8.</i>	<i>Työntöohjauksen periaate (Hopp & Spearman 2000, s. 341).</i>	<i>14</i>
<i>Kuva 9.</i>	<i>Imuohjauksen periaate (Hopp & Spearman 2000, s. 341).</i>	<i>15</i>
<i>Kuva 10.</i>	<i>Tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmän osat (Mukaillen Hopp & Spearman 2000 ja Jacobs et al. 2011).</i>	<i>18</i>
<i>Kuva 11.</i>	<i>MRP-järjestelmän yleisperiaate (mukaillen Stevenson (2009, s. 649)).</i>	<i>20</i>
<i>Kuva 12.</i>	<i>Kanban-systeemin tuotannonohjaus (mukaillen Hopp & Spearman 2000, s.351).</i>	<i>23</i>
<i>Kuva 13.</i>	<i>Korteilla toimivan Base Stock –systeemin toimintaperiaate (Mukaillen González-r et al. 2012).</i>	<i>24</i>
<i>Kuva 14.</i>	<i>Conwip-menetelmän toimintaperiaate (Mukaillen Hopp & Spearman 2000, s. 351).</i>	<i>25</i>
<i>Kuva 15.</i>	<i>Generalized Kanban -menetelmän toimintaperiaate (mukaillen González-r et al. 2012).</i>	<i>26</i>
<i>Kuva 16.</i>	<i>Muunnelma Extended kanban –systeemin toimintaperiaatteesta (González-r et al. 2012).</i>	<i>27</i>
<i>Kuva 17.</i>	<i>Conwip/Kanban-tuotannonohjausmenetelmän toimintaperiaate (González-r et al. 2012).</i>	<i>28</i>
<i>Kuva 18.</i>	<i>DBR -menetelmän toimintaperiaate kortteja hyödyntämällä (González-r et al. 2012).</i>	<i>29</i>
<i>Kuva 19.</i>	<i>PAC-menetelmän toimintaperiaate korttien avulla (González-r et al. 2012).</i>	<i>30</i>
<i>Kuva 20.</i>	<i>Generic kanban -systeemi muunnelman toimintaperiaate (González-r et al. 2012).</i>	<i>31</i>
<i>Kuva 21.</i>	<i>POLCA-menetelmän toimintaperiaate (González-r et al. 2012).</i>	<i>32</i>
<i>Kuva 22.</i>	<i>Tutkimuksen metodologiset valinnat (Saunders et al. 2009, s. 108).</i>	<i>33</i>
<i>Kuva 23.</i>	<i>Tutkimuksen aikataulu.</i>	<i>37</i>
<i>Kuva 24.</i>	<i>Koko yrityksen materiaaliprosessi muovikomponenttien osalta vaihteittain esitettynä.</i>	<i>39</i>
<i>Kuva 25.</i>	<i>Informaation siirtymistavat tuotantoprosessin vaiheiden välillä.</i>	<i>39</i>
<i>Kuva 26.</i>	<i>Kahden eri muovikomponentin sisältyminen eri lopputuotteisiin.</i>	<i>40</i>

<i>Kuva 27.</i>	<i>Raaka-aineiden, muovikomponenttien ja lopputuotteiden väliset yhteydet vuonna 2017.</i>	<i>41</i>
<i>Kuva 28.</i>	<i>Muovikomponenttien kokonaismenekki kuukausittain vuonna 2017.</i>	<i>42</i>
<i>Kuva 29.</i>	<i>Vasemmalla muovipuolen kanban-korttitaulu ja oikealla yksittäinen kanban-kortti.</i>	<i>43</i>
<i>Kuva 30.</i>	<i>Supermarket-tyyliset visuaalisesti ohjattavat muovikomponenttien hyllyt.</i>	<i>44</i>
<i>Kuva 31.</i>	<i>Muovikomponenttien valmistuspuolen pohjaratkaisu.</i>	<i>45</i>
<i>Kuva 32.</i>	<i>Suurimmat ongelmat muoviprosessin ohjaukseen liittyen nykytilassa.</i>	<i>53</i>
<i>Kuva 33.</i>	<i>Hahmotelma ratkaisuehdotuksen vaiheittain tapahtuvasta toiminnasta korttien ja lavojen osalta.</i>	<i>64</i>
<i>Kuva 34.</i>	<i>Hahmotelma tabletin näkymästä varastosaldon seuraamisen helpottamiseksi.</i>	<i>66</i>
<i>Kuva 35.</i>	<i>Ehdotetun systeemin informaation siirtämiseen tarkoitettujen taulujen sijainnit yrityksen tiloissa.</i>	<i>67</i>

TAULUKKOLUETTELO

<i>Taulukko 1.</i>	<i>Ajastetun ja virtautetun tuotannon ominaisuuksien vertailua (Jacobs et al. 2011).....</i>	<i>16</i>
<i>Taulukko 2.</i>	<i>Tuotannonohjausmenetelmien jaottelua.....</i>	<i>19</i>
<i>Taulukko 3.</i>	<i>Joidenkin symboliperusteisten ohjausmenetelmien jaottelua.....</i>	<i>22</i>
<i>Taulukko 4.</i>	<i>Muovipuolen valmistamien komponenttien vaihtokerrat tuotantosignaalin ja tuotantomäärän lähteisiin jaoteltuina datankeruussa.....</i>	<i>46</i>
<i>Taulukko 5.</i>	<i>Harjastuskoneiden käytöstä ja tuotevaihtoista kerättyjen tietojen koonti.....</i>	<i>47</i>
<i>Taulukko 6.</i>	<i>Haastatteluissa ilmenneet ongelmat sekä niiden esiintymiset ja yhteys muovipuolen toimintaan.....</i>	<i>49</i>
<i>Taulukko 7.</i>	<i>Nykyiseen Kanban-järjestelmään liittyvät ongelmat haastatteluissa.....</i>	<i>51</i>
<i>Taulukko 8.</i>	<i>Muovikomponenteille luodut kategoriat menekin perusteella.....</i>	<i>55</i>
<i>Taulukko 9.</i>	<i>Ehdotettujen tuotannonohjausmenetelmien vertailua.....</i>	<i>61</i>
<i>Taulukko 10.</i>	<i>Esimerkki sovellettavasta työkalusta uuden ohjaustavan hyötyjen mittaamiseksi ja seuraamiseksi.....</i>	<i>69</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

JIT	eng. Just-In-Time, tuotannossa käytettävä filosofia, jonka tarkoituksena on tehdä asioita oikeaan aikaan oikeaan tarpeeseen
MRP	eng. Material Resource Planning, materiaalien tarpeita tuotantoprosessin tarpeisiin laskeva tietojärjestelmä
MPC	eng. Manufacturing Planning and Control, tuotannon ja sen suunnittelun ohjaamisessa käytettävä viitekehys
OPP	eng. Order Penetration Point, asiakastilauksen kohdentamispiste, tuotantoprosessin kohta, jossa tuotteesta tulee tietylle asiakkaalle merkitty
ROI	eng. Return-On-Investment, sijoitetun pääoman tuotosta kertova suhdeluku
BS	eng. Base Stock, perusvarasto, varastohallinnassa tai tuotannonohjauksessa käytettävä menetelmä, jossa varaston täyttäminen perustuu varastolle määritettyyn tasoon
CONWIP	eng. Constant Work In Process, tuotannonohjausmenetelmä, jossa kontrolloidaan koko tuotantolinjan keskeneräisen tuotannon määrää
DBR	eng. Drum-Buffer-Rope, pullonkaulaohjaus, tuotannonohjauksessa käytettävä menetelmä, joka perustuu pullonkaulavaiheen tuotannon ohjaamiseen
PAC	eng. Production Authorization Card, tuotannonohjausmenetelmä, jossa kolmen erilaisen kortin avulla tuotantoa ohjataan
POLCA	eng. Paired-cell Overlapping Loops of Cards, tuotannonohjausmenetelmä, jossa muodostetaan tuotantoprosessin vaiheista osittain toistensa päälle meneviä soluja, joiden keskeneräisen tuotannon määrää hallitaan

1. JOHDANTO

1.1 Taustaa

Yrityksen menestys on sen eri osien yhteistyön aikaansaannos. Menestyksekkäiden urheilujoukkueiden tiedetään olevan suurempia kuin vain yksilöidensä summa, ja saman voi sanoa pätevän myös yrityksiin. Yrityksen tuotannossa tuotannonohjaus on kriittinen tekijä, joka varmistaa eri osien välisen yhteistyön toimivuuden. Tuottavassa yrityksessä sujuva toiminta tarkoittaa myös strategisten valintojen ja tuotannon yhteispeliä. Tuotannon on tuettava liiketoiminnan strategisia päämääriä, jotta toiminta on kannattavalla pohjalla. Yrityksen kilpailukyvyn kannalta tuottavassa yrityksessä tuotanto on keskeisessä roolissa. Tämän takia yrityksen on suunniteltava ja kehitettävä tuotantoaan jatkuvasti vastaamaan muuttuvia tarpeita.

Tuotannonohjausprosessi varmistaa tuotannon toimivuuden sille asetettujen vaatimusten mukaisesti. Tuotannossa on huomioitava sekä tuotannonsuunnittelu että tuotannon suorituskky. Osana tuotannonsuunnittelua on tuotannonohjaus. Suunnitelmallisen tuotannonohjauksen avulla kyetään paremmin reagoimaan muuttuviin tarpeisiin (Jacobs et al. 2011). Mallintamalla tuotannonohjausta voidaan nähdä tuotantoprosessin toimivuuteen vaikuttavat tekijät, joita tutkimalla on mahdollista kehittää tuotantoa vastaamaan tuotannolle asetettuja vaatimuksia.

Tuotannonohjaus on monivaiheinen prosessi. Se käsittää koko yrityksen tuotanto- ja valmistusprosessin. Tuotannossa voi olla useita vaiheita, jolloin tuotannonohjausta voi käsitellä myös yksittäisten tuotantovaiheiden tasolla. Tällöin on kuitenkin huomioitava vaiheen linkittyminen koko tuotantoprosessiin, jotta ohjauksessa tulisi huomioitua kokonaisuus.

Toimintaympäristöjen erilaisuus tekee tuotannonohjauksen haasteista mielenkiintoisen tutkimuskohteen. Teoriassa hyväksi todetut toimintamallit ja -tavat on sovitettava yrityksen erityiseen tuotantoympäristöön. Poikkeavista tuotantoympäristöistä johtuen toisen yrityksen tuotannonohjausjärjestelmää ei voi sellaisenaan sovittaa uuteen yritykseen. Joitakin hyväksi havaittuja parhaita periaatteita muista toimintaympäristöistä voi hyödyntää, mutta periaatteita on muokattava ja säädettävä uuteen ympäristöön kohdennetuiksi.

Tämän diplomityön kohdeyrityksessä on huomattu mahdollisuuksia parannuksiin eri osien välisessä yhteistyössä, ja tämän seurauksena kohdeyritys haluaa kehittää tuotannonohjaustaan. Kohdeyritys on käsikäyttöisiä harjoja valmistava pk-yritys, jonka valmis-

tusprosessiin kuuluu ensimmäisenä tuotantoprosessin vaiheena muovikomponenttien valmistus. Muovikomponenttien saatavuus on edellytyksenä, jotta seuraava valmistusprosessin vaihe voi toimia hyvin. Tuotannonohjaus auttaa muovikomponenttien saatavuuden varmistamisessa. Tässä työssä tarkastelun kohteena on kohdeyrityksen muovikomponenttituotannon tuotannon ohjaaminen osana yrityksen koko tuotannonohjausta.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

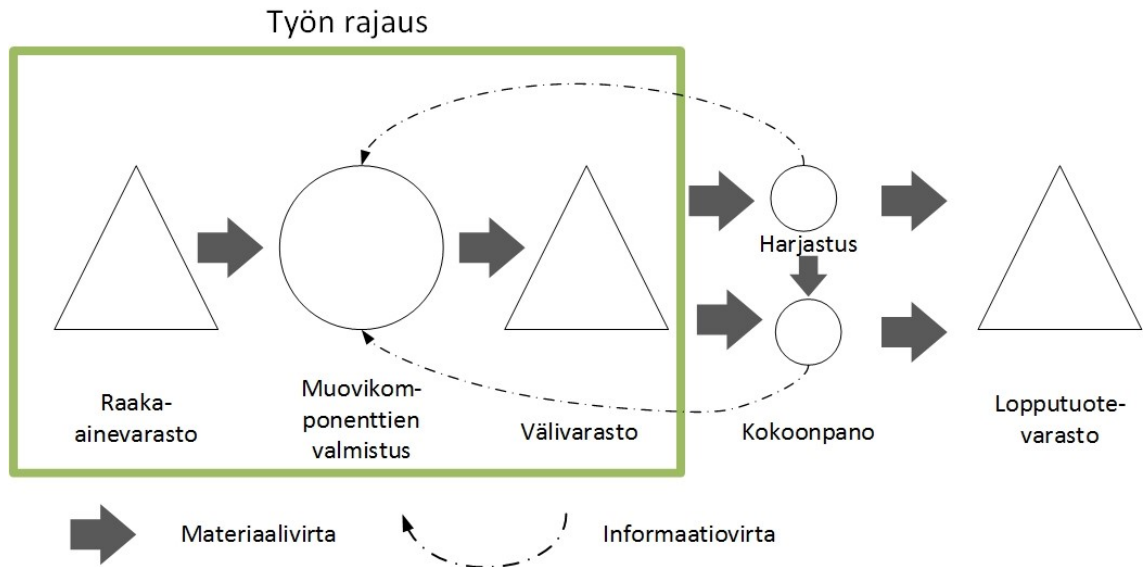
Työn tavoitteena on muodostaa tuotannonohjaustapa muovikomponenttien tuotannolle siten, että muovikomponenttien saatavuus ei rajoita prosessin seuraavan vaiheen tuotannonsuunnittelua. Tutkimuksen ensimmäisenä osatavoitteena on selvittää, mitä tietoja muovikomponenttien tuotanto tarvitsee toimiakseen hyvin. Toisena osatavoitteena on tarkastella eri vaihtoehtoja muovikomponenttien tuotannonohjausperusteeksi huomioiden seuraavan vaiheen tuotannonsuunnittelun helpottaminen. Kolmantena osatavoitteena on selvittää, sopiiko sama tuotannonohjaustapa kaikille muovikomponenttinimikkeille. Edellisten perusteella työn päätutkimuskysymys on seuraava:

Millä tuotannonohjausratkaisulla parannetaan tuotantoprosessin eri vaiheiden välistä koordinaatiota ja sen tuloksena prosessin läpivirtausta?

Päätutkimuskysymykseen vastaamiseksi työssä tarkastellaan myös muita tutkimuskysymyksiä, jotka auttavat päätutkimuskysymykseen ratkaisun löytämisessä. Nämä päätutkimuskysymyksen alakysymykset voidaan nähdä myös työssä suoritettavien osatehtävien motiivina. Osatehtävillä tarkoitetaan pienempiin kokonaisuuksiin jaoteltuja tehtäviä, jotka toteuttamalla on mahdollista muodostaa vastaus päätutkimuskysymykseen. Työssä tarkasteltavia alakysymyksiä ovat:

- Miten paljon eri muovikomponentteja tarvitaan vuoden aikana?
- Mitkä ovat tuotannonohjausprosessin haasteet tällä hetkellä?
- Mikä on muovikomponenttien rooli liittyen tuotannonohjauksen haasteisiin?
- Mistä muovikomponenttien tuotanto saa tuotantosignaalin tällä hetkellä?
- Mitkä tekijät rajoittavat muovikomponenttien tuotantoa?
- Mitä tietoja muovikomponenttituotanto tarvitsee, jotta tuotannonohjaus on mahdollista tehdä?
- Miten eri tuotantovolyymisten komponenttien tuotannonohjaus kannattaisi toteuttaa?

Työ on rajattu koskemaan pelkästään yrityksen tuotantoprosessia siltä osin, mihin liittyy muovikomponenttien tuotantoa. Esimerkiksi alihankinnasta tulevat puukomponentit jäävät työn tarkastelun ulkopuolelle. Edellä mainitun lisäksi työssä on rajattu tarkasteltavaksi vuoden 2017 aikaiset myyntimäärät ja niistä johdetut muovikomponenttien valmistusmäärät. Työn rajausta osana yrityksen tuotantoprosessia havainnollistetaan kuvassa 1.



Kuva 1. Työn raja osana yrityksen tuotantoprosessia.

1.3 Työn rakenne

Tämä diplomityö on rajattu karkeasti kolme suurempaa osioon. Aiheeseen esittely tapahtuu luvuissa 1 – 3. Nykytilan analyysia ja sen tuloksia esitellään luvuissa luvut 4 – 5. Ratkaisuehdotuksen käsittely tapahtuu luvuissa 6 – 7.

Tarkemmin loppuraportin rakenne on seuraava: Luvussa 2 esitellään lyhyesti kohdeyrityksen piirteitä. Luvun 3 kirjallisuuskatsaus toimii teoreettisena taustana aiheeseen liittyen. Työn tutkimusmetodologia ja tutkimukselliset valinnat kerrotaan luvussa 4. Luvussa 5 esitellään nykytilan kartoituksena saadut tulokset ja tehdään niiden analysointi. Yritykselle ehdotetut toimenpiteet käsitellään luvussa 6. Työ loppuu päätelmien esittelyyn luvussa 7.

2. KOHDEYRITYKSEN JA SEN TUOTANTOPROSESSIN ESITTELY

Tämä luku esittelee kohdeyrityksen ja kertoo muovikomponenttien valmistusprosessin piirteistä yrityksessä lyhyesti. Luvussa 2.1 esitellään yritystä ja sen toimintaympäristöä. Luku päättyy muovikomponenttien valmistusprosessin esittelyyn luvussa 2.2.

2.1 VS-Harja Oy lyhyesti

VS-Harja on Akaan Toijalassa toimiva käsikäyttöisiä harjatuotteita valmistava pk-yritys, jossa toimii työntekijöitä yli 20. Yrityksellä on pitkät perinteet, sillä se on valmistanut harjoja jo vuodesta 1927 alkuaan Urjalassa ja myöhemmin Toijalassa. Vuonna 2017 yrityksellä oli liikevaihtoa 4,1 miljoonaa euroa. Samana vuonna yrityksen uudeksi omistajaksi tuli yrityskaupan myötä Sinituote Oy.

Yrityksen valmistamat harjat tehdään omissa tehdastiloissa Toijalassa. Yritys harjastaa kaikki harjat omissa tuotantotiloissaan muutamaa välitystuotetta lukuun ottamatta. Omaa kuljetuskalustoa yrityksellä ei ole, vaan tuotteiden jakelu jälleenmyyjille tapahtuu ostettujen logistiikkapalveluiden avulla.

Yrityksen tuotteita ovat käsikäyttöiset harjat ja harjasetit. Harjojen rungot voidaan tehdä joko itse valmistettavista muovirungoista tai alihankittavista puurungoista. Valmistettavia tuotteita ovat esimerkiksi astiaharjat, juuresharjat, kylpyharjat, WC-harjat, käsitomu-harjat, lattiaharjat, pesuharjat, lakaisuharjat, katuharjat ja hygieniaharjat. Vuonna 2017 myyntiä oli 300 tuotenimikkeellä ja volyymi oli noin 2,5 miljoonaa kappaletta. Tuotevalikoiman voidaan sanoa olevan melko laaja.

VS-Harjan asiakkaat voidaan jakaa kolmeen ryhmään, jotka muodostavat merkittävimmät yrityksen asiakkaat:

1. Ammattisiivous
2. Rautakaupat
3. Keskusliikkeet

Myydyissä tuotteissa on asiakasryhmittäin eroja. Ammattisiivouksen tarpeisiin myydyt tuotteet eivät ole samanlaisia kuin kuluttajapuolelle menevät tuotteet. Niihin kohdistuu erilaisia vaatimuksia käytettävyyden ja värimaailman osalta. Eräs esimerkki tästä on terveydenhuolto- ja hygieniatoimialoilla käytettävä siivoustarvikkeiden värikoodaus riippuen tuotteen käyttötilasta. Rautakauppoihin ja keskusliikkeisiin menevät tuotteet ovat pääsääntöisesti yksityisille kuluttajille meneviä tuotteita, mutta rautakaupat toimittavat

harjoja myös ammattisiivoukselle. Rautakaupoille ja keskusliikkeille menevissä tuotteissa on myös kauppojen omien tuotemerkkien private label -tuotteita. Yritys myy myös kuluttajamarkkinoille oman tuotemerkin tuotteita private label -tuotteiden lisäksi.

Tehdastilat on jaettu osa-alueisiin tuotantoprosessin vaiheiden mukaisesti. Välivarastoja sijaitsee jokaisen tilan läheisyydessä. Esimerkiksi muovipuolen tuotantotilojen yhteydessä on varastotilaa raaka-aineita ja muovikomponenttien valmistuksessa käytettäviä muotteja käyttöön. Kokonaisuutena tuotantotiloja yrityksellä on 3500 neliömetriä, joista suunnilleen 500 neliötä on lopputuotevaraston käytössä ja lopusta tilamäärästä osa, arviolta neljäsosa (noin 750 neliötä), on välivarastojen käytössä.

Tuotanto tapahtuu koneiden avulla. Muovipuolella ruiskupuristuskoneita on kymmenen kappaletta, ja harjastuspuolella koneita on seitsemän kappaletta. Muovipuolen ruiskupuristuskoneiden avulla valmistetaan yrityksessä käytettävät harjojen muovirungot. Harjastuspuolella koneiden avulla runkoihin lisätään harjakset. Joitakin valmistettavista tuotteista tai komponenteista ei voi tehdä jokaisella koneella, mutta useimmat tuotteista tai komponenteista voidaan valmistaa usealla eri koneella.

Yrityksessä on käytössä Maestro-tietojärjestelmä, jonka pääasiallinen käyttötarkoitus on taloushallinnon ja myynnin tukeminen. Tietojärjestelmästä löytyy valmistettavien tuotteiden tuoterekisterit ja -rakenteet, joita on kuvattu vaihtelevasti eri tasoille jaoteltuina. Esimerkiksi osa valmistettavista muovikomponenteista on jaoteltu eri valmistettaviin väreihin, mutta osaa ei ole jaoteltu väreittäin. Lisäksi Maestrossa ylläpidetään tietoa varastosaldoista. Maestro-tietojärjestelmää ei ole juurikaan hyödynnetty tuotannonohjauksessa.

2.2 Muovikomponenttien valmistusprosessi

Muovikomponenttien valmistamiseen käytetään eri muovimateriaaleja. Tällä hetkellä raaka-aineina on seitsemän erilaista muovimateriaalia. Materiaalien ominaisuudet vaihtelevat esimerkiksi muovin kovuuden ja taipuisuuden mukaan. Muoviraaka-aineen lisäksi valmistamiseen tarvitaan vaahtoa sekä väriainetta.

Muovikomponenttien valmistaminen alkaa siitä, kun materiaalia otetaan sopiva määrä. Muovimateriaalin ottamisen yhteydessä seokseen lisätään myös vaahtoa ja väriainetta. Vaahdon tarkoituksena on pitää muovi halutun muotoisena jäähdyttämisen jälkeenkin. Ilman vaahtoa muovikomponentti ei säilyttäisi muotoaan, sillä muovi kutistuu lämpösupistumisen seurauksena jäähtyessään. Väriaineiden avulla muovikomponentti saadaan halutun väriseksi. Muoviraaka-aine sulatetaan kovan lämmön ja kitkan avulla, jotta sulamateriaali voidaan puristaa muotin avulla haluttuun muotoon.

Muovimateriaalin, vaahdon ja väriaineen annostelija ja sekoittaja on kuvassa 2. Kuvan 2 suppilossa on tarvittavia materiaaleja. Suppilosta annostellaan valmistusohjelman mukaisesti sopiva määrä materiaalia koneen suorittamaa puristusta varten.



Kuva 2. *Muovimateriaalin, väriaineen ja vaahdon annostelija ja sekoittaja.*

Aluksi seos sulatetaan, jonka jälkeen ruiskupuristuskone työntää sulan muovimateriaali-seoksen koneessa olevaan muottiin. Muotin täytyttyä muoviseoksesta tarvitsee seoksen antaa jäähtyä ja jähmettyä, jotta syntynyt muovikomponentti pysyy halutussa muodossa. Muotti, kappaleen koko ja koneen ominaisuudet määrittävät tarvittavan jäähdytysajan. Muotin ominaisuudet määrittävät yhden ruiskupuristuksen aikana valmistuvien muovikomponenttien kappalemäärän.

Lopulta valmiit muovikappaleet päätyvät kuljettimen tai robotin avulla laatikoihin. Muovikomponentit kulkeutuvat kahteen erilaiseen laatikkoon. Suuremmista harmaista laatikoista komponentit on aluksi siirrettävä pienempiin punaisiin laatikoihin. Edellä mainittu siirtäminen tehdään tällä hetkellä käsityönä. Osalla koneista valmiit muovikomponentit siirretään suoraan pienempiin punaisiin laatikoihin sopivien kuljettimien avulla. Punaiset laatikot voidaan pakata suoraan lavoille ja varastoida välivarastoon tai siirtää suoraan prosessin seuraavaan vaiheeseen. Käytettävä laatikkotyyppi määräytyy koneen ja koneen kuljettimen ominaisuuksien mukaan. Kuvassa 3 on nähtävissä komponentteja punaisissa laatikoissa välivarastossa.



Kuva 3. *Muovikomponentteja liikuteltavissa laatikoissa välivarastossa.*

Muovikomponenttien valmistuttua ne siirretään välivarastoon joko odottamaan harjastusta tai kokoonpanoa. Välivarastoja on kahdessa paikassa, joista toinen on tarkoitettu kokoonpanovaiheelle ja toinen harjastusvaiheelle. Kuvassa 3 näkyvät muovikomponentit odottavat harjastukseen pääsemistä välivarastossa. Kyseisestä välivarastosta harjastusvaiheen työntekijä hakee tarvittavat komponentit harjastuskoneille valmistusta varten.

3. TEORIAA

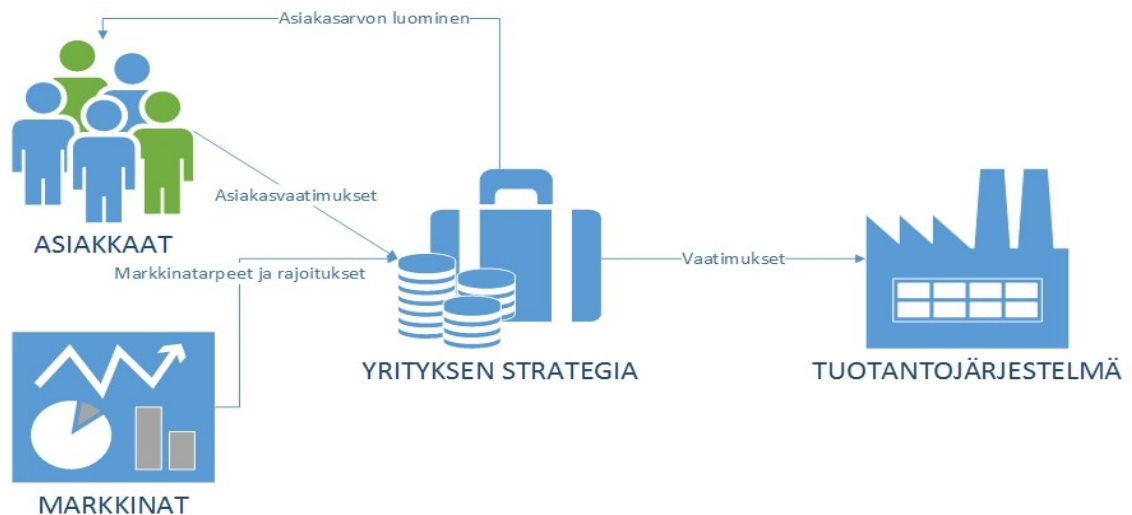
Tässä luvussa esitellään tuotannon ja tuotannonohjauksen merkitystä yrityksessä kirjallisuuskatsauksen avulla. Luvun avulla on tarkoituksena myös löytää ideoita, mitä asioita tuotannonohjauksen suunnittelussa olisi huomioitava. Luku on jaettu seuraavalla tavalla: Luvut 3.1 ja 3.2 käsittelevät yleisesti tuotantoa ja valintoja tuotannossa. Luvussa 3.3 esitellään tuotannon suunnitteluun ja ohjaamiseen tarkoitettu viitekehys. Tämä luku päättyy erilaisten tuotannonohjausmenetelmien esittelyyn ja vertailuun luvussa 3.4.

3.1 Tuotantojärjestelmän strateginen merkitys

Hyvä tuotantojärjestelmä tukee yrityksen strategisia tavoitteita toteuttamalla sille asetetut vaatimukset. Tuotantojärjestelmä auttaa myös pitämään tuotannon toimivana. Tuotantojärjestelmän avulla luodaan arvoa asiakkaalle fyysisten tuotteiden tai palveluiden muodossa hyödyntäen koneita, materiaalia, ihmisiä ja informaatiota. (Cochran & Dobbs 2001) Strategiset tavoitteet ja tuotantojärjestelmän vaatimukset kohdistetaan tavoitellulle markkina- ja asiakassegmentille. Muutokset tavoitelluissa markkina- ja asiakassegmenteissä voivat aiheuttaa tarpeen muutokseen tuotantojärjestelmässä. (Jacobs et al. 2011)

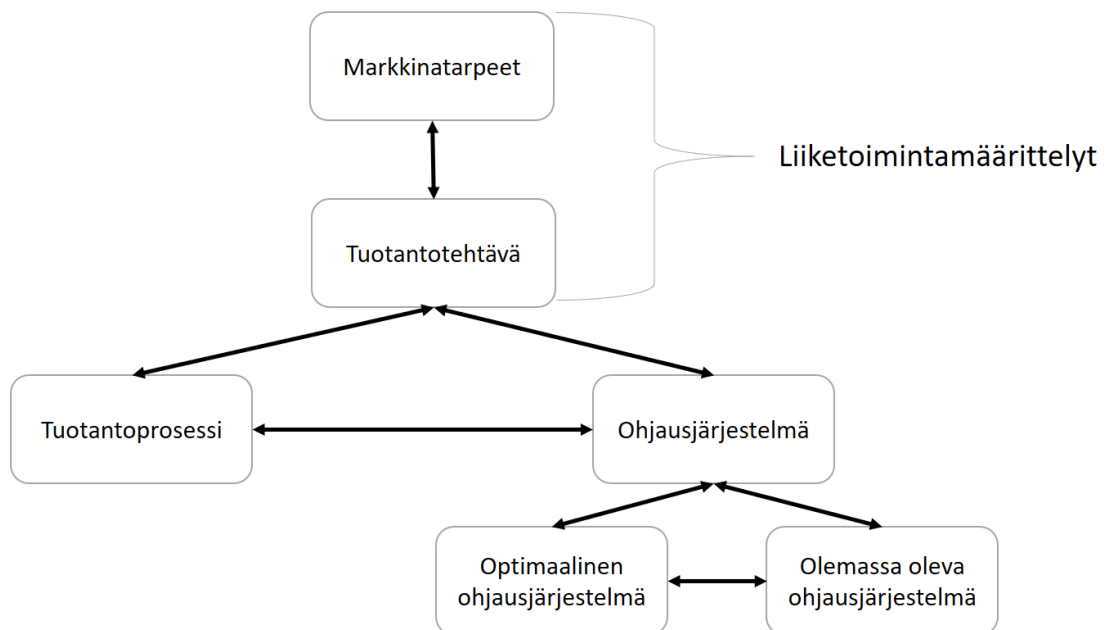
Asiakkaalle asetettu asiakasarvolupaus on lähtökohtana yrityksen strategian ja tuotantojärjestelmän suunnittelussa. Asiakkaan tarpeiden tyydyttämistä ja jopa niiden ylittämistä kutsutaan asiakasarvon luomiseksi (Lam et al. 2004). Keskittymällä asiakasarvon luomiseen yrityksen on mahdollista saada aikaan parempaa taloudellista tulosta (Slater 1997).

Yrityksen asettama asiakasarvolupaus luo vaatimuksia tuotannon strategisille valinnoille (Simchi-Levi 2014, s. 20). Strategiset valinnat heijastuvat suoraan myös vaatimuksiin tuotantojärjestelmän piirteille. Jos on tehty valinta esimerkiksi todella runsaasta tuotevalikoimasta ja nopeasta toimitusajasta, on hyvä tuotantojärjestelmä erilainen kuin esimerkiksi kustannustehokkuudella kilpailevan yrityksen tuotantojärjestelmä. Näin ollen toimivan tuotantojärjestelmän piirteiden pitäisi tukea strategisten valintojen toteutumista. Kuvassa 4 esitetään asiakkaiden ja markkinoiden ohjaava luonne osana yrityksen strategian ja tuotantojärjestelmän määrittämistä.



Kuva 4. Asiakasarvon yhteys tuotantojärjestelmään.

Tuotantojärjestelmään kuuluu kolme osaa: tuotantotehtävä, tuotantoprosessi ja ohjausjärjestelmä. Lisäksi markkinatarpeet vaikuttavat tuotantotehtävän luomiseen merkittävästi. (Jacobs et al. 2011) Tuotantojärjestelmän osien välisiä yhteyksiä Jacobs et al. (2011) ilmentää kuvassa 5 esitetyn mallin avulla, jossa eri tuotantojärjestelmän osien piirteiden valinnat nähdään sitoutuvan yhdeksi kokonaisuudeksi. Eri tuotantojärjestelmän osien vaikuttaessa toisiinsa osien välistä vuorovaikutusta ilmaistaan kuvassa 5 esitetyillä nuolilla.



Kuva 5. Tuotantojärjestelmän osat osana yrityksen liiketoimintaa (Jacobs et al. 2011).

Tuotantojärjestelmän luomiseksi eri osien vaatimukset ja piirteet on määriteltävä. Ensimmäisenä tehtävänä on yrityksen liiketoimintastrategiseen määrittelyyn kuuluva markki-

natarpeiden määrittely. Markkinatarpeiden kartoittamisessa tehdään asiakas- ja markkinavaatimusten selvittäminen tavoiteltujen segmenttien osalta. Esimerkkinä markkinatarpeen aiheuttamasta muutoksesta koko tuotantojärjestelmään voisi olla merkittävän asiakkaan vaatimus, että tuotteita toimitetaan useammin ja pienemmissä erissä kuin aikaisemmin. Markkinatarve liitetään osaksi yrityksen tuotantotehtävän luomista, jotta tuotannon tavoitteet sitoutuvat markkinatarpeen kautta asiakasarvon tyydyttämiseen. (Jacobs et al. 2011)

Seuraavana osana tuotantojärjestelmän määrittelyssä on tuotantotehtävän luominen markkinatarpeen pohjalta. Tuotantotehtävällä tarkoitetaan tuotannolle asetettuja vaatimuksia, jotta yritys pystyy toimimaan kilpailukykyisesti. Se kertoo vaatimukset tuotannon laadulle, tuottavuudelle, palvelunopeudelle ja kustannuksille. (Skinner 1978) Selkeästi ilmaistu tuotantotehtävä auttaa huomaamaan markkinoilla tapahtuvien muutosten luoman tarpeen muutoksiin tuotantoprosessissa ja/tai ohjausjärjestelmässä (Jacobs et al. 2011). Esimerkiksi markkinatarpeet vaikuttavat tuotantotehtävään ja tuotannon suunnittelemiseen siltä osin, että tavoiteltujen asiakkaiden ja markkinoiden asettamat vaatimukset yrityksen tuotantoon voivat erota seuraavien piirteiden perusteella: (Jacobs et al. 2011)

- tuotteen rakenne ja valikoiman suuruus
- toimituskyvyn nopeus ja luotettavuus
- tuotantomäärä ja tuotantonopeus sekä
- tuotevalikoiman joustavuus.

Tuotantoprosessilla tarkoitetaan materiaalin muokkaamista yhdessä tai useammassa vaiheessa hyödykkeen saamiseksi (Stevenson 2009). Tuotantoprosessin piirteet ja kapasiteetti suunnitellaan mahdollistamaan tuotantotehtävän mukainen tuotanto. Muutokset markkinoilla ja tuotantotehtävässä heijastuvat myös tuotantoprosessiin kohdistuviin vaatimuksiin. Tuotantoprosessin piirteet vaikuttavat siihen, miten materiaalin muokkaaminen toteutetaan. Tuotantoprosessin piirteet vaikuttavat myös erilaisten ohjausjärjestelmien soveltuvuuteen tuotantoon. (Jacobs et al. 2011)

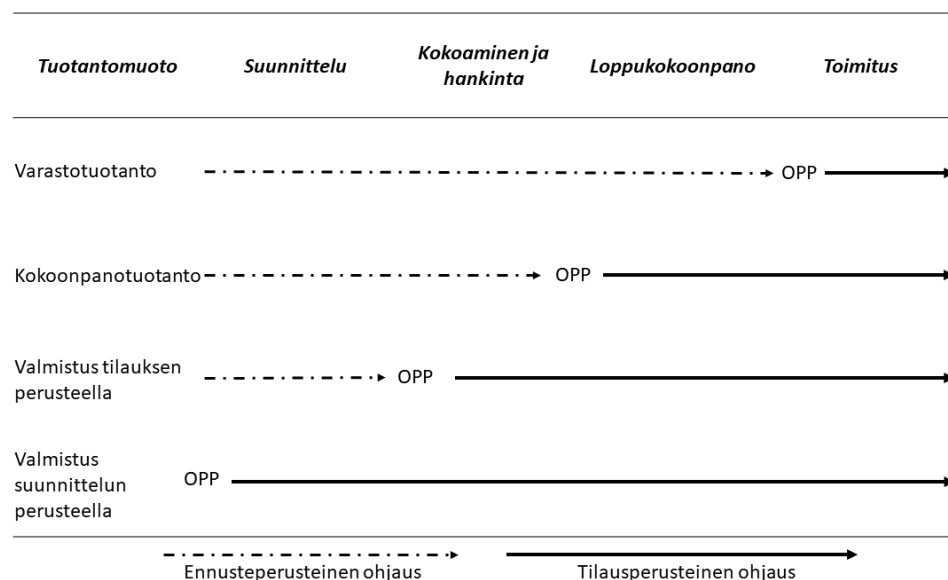
Yritys ohjaa ja koordinoi tuotantoaan tuotannonohjausjärjestelmän avulla. Sopivan ohjausjärjestelmän valintaan vaikuttaa tuotantoprosessin piirteet. Yrityksessä käytössä oleva ohjausjärjestelmä ei välttämättä ole optimaalisin järjestelmä, kuten kuvasta 5 ilmenee. Ohjausjärjestelmän valinnan sekä vaihtamisen ollessa usein kallis ja pitkä prosessi ei optimaalista ohjausjärjestelmää voi usein saavuttaa välittömästi. (Jacobs et al. 2011) Kuitenkin ohjausjärjestelmää pitäisi lähteä kehittämään kohti optimaalista järjestelmää. Tarkemmin ohjausjärjestelmiä ja -menetelmiä käsitellään luvussa 3.4.

3.2 Tuotannon toteuttamisen valintoja

Yrityksen menestymisen kannalta on tärkeää, että tuotantoprosessissa tehdyt valinnat tukevat tuotannon strategisia päämääriä (Jacobs et al. 2011). Tuotantoprosessin toimintaan

vaikuttaa esimerkiksi tuotantomuodon valinta, joka olisi tehtävä huomioiden markkinoiden tarpeet ja yrityksen tuotantostrategia. Tuotantomuoto kertoo, miten asiakasspesifisti tuotteiden suunnitteleminen tehdään. Tuotantomuotoja on yleisesti käytössä neljä erilaista: varastotuotanto (Make-to-Stock, MTS), kokoonpanotuotanto (Assembly-to-Order, ATO), valmistus tilauksen perusteella (Make-to-Order) ja valmistus suunnittelun perusteella (ETO) (Olhager 2008). Tuotantomuodon valinta vaikuttaa siihen, miten nopeasti asiakkaalle pystytään tuotetta toimittamaan eli tilauksen toteuttamisnopeuteen. Tuotantomuoto vaikuttaa myös siihen, miten paljon tietylle asiakkaalle räätälöityjä ominaisuuksia tuotteissa pystytään tarjoamaan. (Stevenson 2009, s. 530)

Tuotantomuodon vaikutusta yrityksen tuotantoon ja sen ohjaukseen voi tarkastella myös asiakastilauksen kohdentamispisteen avulla. Tuotantoprosessin arvoketjun kohtaa, jossa tuote merkitään tietylle asiakastilaukselle, kutsutaan asiakastilauksen kohdentamispisteeksi (Order Penetration Point, OPP) (Olhager 2008). Asiakastilauksen kohdentamispiste vaikuttaa siihen, miten paljon tuotantoa suunnitellaan ennusteiden varassa ja missä määrin voidaan tuotannosuunnittelua tehdä toteutuneen kysynnän mukaisesti. Tuotantoprosessin vaiheet ennen asiakastilauksen kohdentamispistettä toimivat ennusteiden varassa ja sen jälkeen todellisen kysynnän mukaisesti. Tuotantomuodon valinta vaikuttaa, mihin kohtaan tuotantoprosessin arvoketjua asiakastilauksen kohdentamispiste asettuu (Olhager 2008). Eri tuotantomuotojen asiakastilausten kohdentamispisteet ja niiden vaikutus tuotannosuunnitteluun on havainnollistettu kuvassa 6.



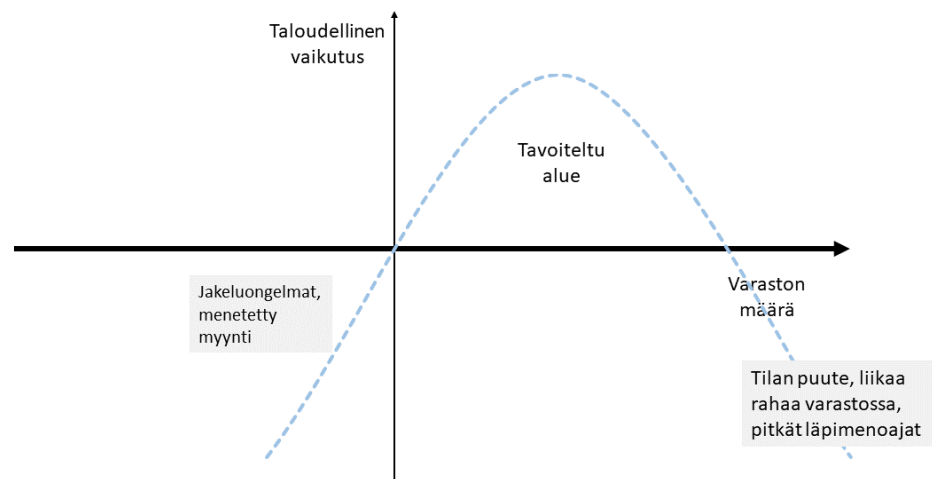
Kuva 6. Asiakastilauksen kohdentamispiste (OPP) eri tuotantomuodoissa ja sen vaikutus tuotannonohjaukseen (Olhager 2008).

Tuotantoprosessin prosessityyppi vaikuttaa siihen, miten suurta vaihtelua, joustavuutta ja tuotantovolyymin tuotantoprosessi tukee. Tuotantoprosessi voidaan toteuttaa seuraavilla

prosessityypeillä: projektituotanto, yksittäistuotanto, erätuotanto, toistuva tuotanto ja jatkuva tuotanto. (Stevenson 2009, s. 239-242) Esimerkiksi Hopp & Spearman (2000) ja Hayes & Wheelwright (1979) kertovat, että tuotantoprosessin prosessityypin valintaan vaikuttavat tuotannon piirteet ovat tuotantovolyymi ja tuotevariaatioiden määrä. Esimerkiksi toistuva tuotanto on suuren volyymin tuotantoa, jossa tuotetaan standardihyödykkeitä. Prosessityypin valinta vaikuttaa muun muassa yksikkökustannuksiin, kustannusten arviointiin, keskeneräisen tuotannon määrään, aikataulutukseen ja laitteistolle asetettuihin vaatimuksiin (Stevenson 2009, s. 239-242).

3.2.1 Varastojen merkitys tuotannossa

Varastoilla on sekä hyviä että huonoja puolia. Ne voivat auttaa yritystä pitämään asiakkansa tyytyväisinä takaamalla tuotannon sujuvuuden (Stevenson 2009, s. 550). Toisaalta varastot sitovat pääomaa ja siten vaikuttavat yrityksen sijoitetun pääoman tuottoon (Return on Investment, ROI). Yritys pyrkii pitkällä aikavälillä parantamaan sijoitetun pääoman tuottoa, joten varastoihin sitoutunut raha vaikuttaa yrityksen tuottavuuteen. (Hopp & Spearman 2000) Liian suurella varaston määrällä voi rahaa sitoutua turhaan varastoon, ilmetä tilapuuutteita ja tuotannon sujuvuus voi kärsiä. Toisaalta riittämätön varasto voi johtaa jakeluongelmiin ja sen seurauksena menetettyyn myyntiin. (Ptak et al. 2013) Kuvas-
sassa 7 havainnollistetaan, että varaston määrälle on olemassa tavoiteltu alue, jolloin sekä tuotannon sujuvuus että taloudellisuus voivat toteutua.



Kuva 7. Varastomäärän taloudellinen vaikutus (mukaillen Ptak et al. 2013).

Varastojen avulla pyritään varautumaan vaihtelun ja epävarmuuden haasteisiin. Stevenson (2009) mainitsee varastoja käytettävän esimerkiksi tuotannon sujuvoittamiseen tai

alennettujen ostohintojen hyödyntämiseen. Myös Ptak et al. (2013) mainitsevat varastojen roolin tuotannon sujuvoittamisessa ja kertovat varaston mahdolliseksi rooliksi myös suojarvaraston, jolla voidaan varautua esimerkiksi hinnankorotuksiin tai uusien lakien tuomiin rajoitteisiin. Yleisesti kysynnän vaihteluun suojautumista varten käytettyjä varastoja kutsutaan puskurivarastoiksi (Stevenson 2009). Esimerkiksi Jacobs et al. (2011) nimeää varastot käyttötarkoituksen mukaisesti:

- Kuljetusvarasto – syntyy asioiden kuljettamisesta paikasta toiseen.
- Syklivarasto – varastolla varaudutaan vaihteleviin tilausmääriin ja -taajuuteen.
- Varmuusvarasto – varaudutaan epävarmuudesta aiheutuvaan kysyntävaihteluun.
- Ennustevalasto – ennakoidaan esimerkiksi vuodenaikavaihtelun tuomaa kysyntää.

Varastoon sitoutunutta pääomaa voidaan mitata varaston kiertonopeuden avulla. Varaston kiertonopeus lasketaan yksittäisen tuotteen kohdalla jakamalla vuosittaisesta myynnistä keskimääräinen varasto (Jacobs et al. 2011). Varastonkiertonopeus lasketaan kaavalla:

$$\text{Varaston kiertonopeus} = \frac{\text{vuoden myyntimäärä}}{\text{keskimääräinen varaston arvo}} \quad (1)$$

Varaston kiertonopeudella saadaan selville, miten monta kertaa vuodessa koko varaston arvo myydään. Suurempi varaston kiertonopeuden arvo on yleisesti parempi, koska suuremmalla varaston kiertonopeudella varastot ovat taloudellisesti tehokkaammassa käytössä. (Stevenson 2009) Nopeammalla varastonkiertonopeudella raha ei ole sitoutuneena varastoon, jolloin rahaa voidaan hyödyntää johonkin tuottavampaan käyttötarkoitukseen.

Varastoa voidaan mitata myös varaston keskiarvon avulla. Keskimääräisen varaston määrää voidaan arvioida varmuusvaraston ja suunnitellun tilaus- tai tuotantomäärän avulla. Sakin (1999) mukaan varaston keskiarvo voidaan laskea:

$$\text{Varaston keskiarvo} = \text{varmuusvarasto} + \frac{\text{tilausmäärä tai tuotantomäärä}}{2}. \quad (2)$$

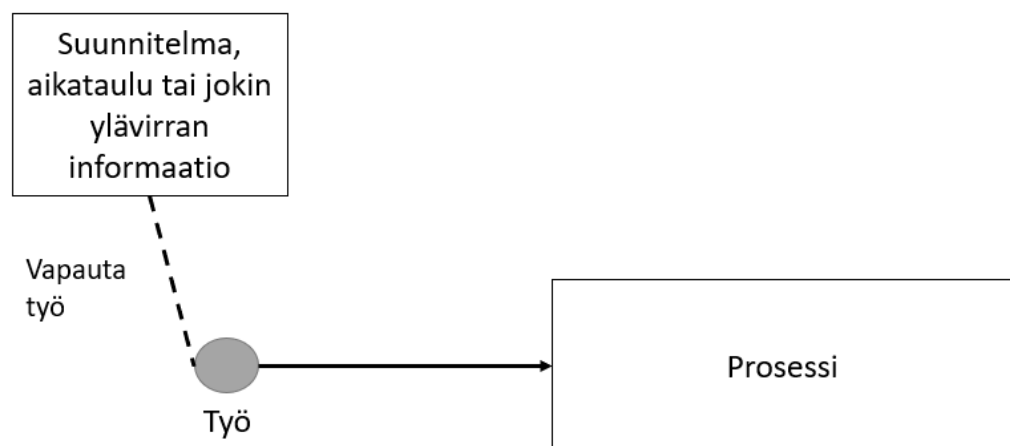
Kaavasta 2 huomataan, että suunniteltaessa haluttua varastomäärää määritettävänä on varmuusvarasto ja tilaus- tai tuotantomäärä. Määrät tulisi valita sellaisiksi, että tavoiteltu varastomäärä on mahdollista saavuttaa.

Sopivaan varastomäärään vaikuttaa tuotannon ja kysynnän piirteet. Yksittäisten komponenttien tai tuotteiden kohdalla voidaan hyödyntää käsitteitä riippumaton kysyntä ja riippuvainen kysyntä sopivan varastomäärän analyysin tueksi. Riippumaton kysyntä varastoitavan tuotteen tai komponentin kohdalla tarkoittaa sitä, että sen kysynnän muodostumiseen ei vaikuta jokin toinen yrityksen tuote tai prosessi. Riippuvaisella kysynnällä puolestaan tarkoitetaan tilannetta, jossa varastoitavan tuotteen tai komponentin kysyntä on

suoraan riippuvainen jonkin toisen yrityksen tuotteen tai komponentin kysynnästä. (Jacobs et al. 2011) Riippuvaisuus voi olla joko vertikaalista tai horisontaalista. Vertikaalinen riippuvuus on kyseessä silloin, kun tuote tai komponentti on osa jotain muuta tuotetta. Horisontaalinen riippuvuus tapahtuu silloin, kun tuote myydään jonkin toisen tuotteen kanssa. (Ptak et al. 2011)

3.2.2 Työntö- ja imuohjaus

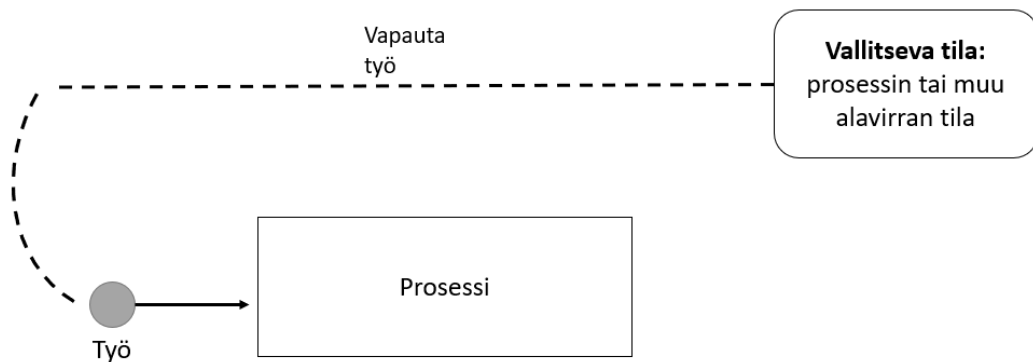
Tuotantoprosessissa tarvitaan jokin signaali tuotannon käynnistämiseksi. *Työntöohjauksella* toimittaessa hyödynnetään luotua aikataulua tai suunnitelmaa, jonka perusteella työ lähetetään tuotantoprosessin seuraavaan vaiheeseen (Hopp & Spearman 2000, s. 340). Toisin sanoen termillä työntöohjaus viitataan toimintatapaan, jossa edeltävä vaihe työntää aina seuraavaan prosessin vaiheeseen töitä tehtäväksi ennalta tehdyn suunnitelman perusteella. Prosessiin pyrkiville töille muodostetaan työjono ennen ensimmäistä prosessin vaihetta. Työjonosta valitaan jokin työ työstettäväksi käytössä olevan prioriteettisäännön perusteella. (Bonney et al. 1999) Työntöohjauksen toimintaperiaatetta on havainnollistettu kuvassa 8.



Kuva 8. Työntöohjauksen periaate (Hopp & Spearman 2000, s. 341).

Kuvasta 8 nähdään, että työntöohjausta käytettäessä töiden vapautus prosessiin tapahtuu ylävirrasta saatavaan tietoon perustuen. Työntöohjausta käytettäessä muodostetaan töiden vapauttamissuunnitelma perustuen kysyntään tai kysyntäennusteeseen (Hopp & Spearman 2000, s. 340). Useimmiten työntöohjausta käytettäessä käytössä on MRP-järjestelmä, jonka avulla töiden vapautusta tuotantoprosessiin hallinnoidaan (Bonney et al. 1999). Työntöohjauksella toimittaessa on tarkoituksena maksimoida tuotannon määrä (Kleijnen et al. 2000).

Imuohjauksella toimittaessa alavirrassa oleva tuotantoprosessin vallitseva tila toimii signaalina töiden vapauttamiselle tuotantoprosessiin. Käytännössä imuohjauksella toimittaessa prosessin seuraava vaihe kontrolloi tuotantoprosessin edeltävän vaiheen tuotannon käynnistämistä lähettämien tuotannon aloitussignaalin edeltävään vaiheeseen. (Hopp & Spearman, s. 341) Kyseinen periaate on ilmaistu myös seuraavalla tavalla: ”edeltävän prosessin on aina tehtävä, mitä seuraava prosessi käskää” (Liker 2004). Imuohjauksen toimintaperiaatetta on havainnollistettu kuvassa 9.



Kuva 9. Imuohjauksen periaate (Hopp & Spearman 2000, s. 341).

Yhteistä jokaiselle imuohjaukseen perustuvalla menetelmällä on pyrkimys keskeneräisen tuotannon vähentämiseen prosessissa (Hopp & Spearman 2000). Imuohjauksen lähtökohdiana on myös se, että materiaalivirran kontrolloimiseen käytetään oikeasti tapahtuvaa kysyntää eikä ennusteita, kuten työntöohjauksessa (Karaesmen & Dallery 2000). Lisäksi imuohjauksen pyrkimyksenä on ylituotannon estäminen, sillä tuotantoa ei toteuteta, ellei seuraavalla prosessilla ole tarvetta (Liker 2004). Imuohjausta hyödyntäviä tuotannonohjausmenetelmiä on olemassa useampia erilaisia – esimerkiksi Kanban tai Conwip (Bonvik et al. 1997).

3.2.3 Virtautettu ja ajastettu tuotanto

Hyvin toimivassa tuotantoprosessissa tehdään oikeita asioita (Modig et al. 2013). Oikeiden asioiden tekeminen voi tapahtua eri tavoilla: joko järkevästi suunnitellulla aikataululla tai kyvykkyydellä reagoida muutoksiin nopeasti. Virtautettu ja ajastettu tuotanto käyttää edellä mainittuja erilaisia lähestymistapoja oikeiden asioiden tekemiseen.

Virtautetussa tuotannossa luodaan tasainen tuotantovirta, joka auttaa reagoimiskyvykkyyden luomisessa (Modig et al. 2013). Tasaisen tuotantovirran tuotantoa voidaan nimitellä myös lean-tuotannoksi, jossa tarkoituksena on luoda tasainen tuotanto siten, että tehdään vain arvoa tuottavia asioita (Womack & Jones 1996). Pyrkimystä tasaiseen tuotantovirtaan on kuvattu myös juuri oikeaan tarpeeseen -tuotantona (just-in-time, JIT). JIT-

tuotantofilosofian tavoitteena on saavuttaa tasainen tuotantovirta. Läpimenoaikoja vähentämällä vältetään turhien asioiden tekemiseltä ja tarpeettomalta varastoinnilta, jolloin tasainen tuotantovirta on mahdollista toteuttaa. (Sugimori et al. 1977) Virtautettu tuotanto tarjoaa joustavuutta tuotantoon siten, että tasaisesti tapahtuvassa tuotannossa työstettävä yksikkö kulkee tuotantoprosessin systeemin läpi riittävän nopeasti lyhyellä läpimenoajalla. Seurauksena on kyvykkyys reagoida toteutuneeseen kysynnän vaihteluun. (Modig et al. 2013) Virtautettua tuotantoa käyttävät esimerkiksi toistuvan tuotannon, kokoonpanotuotannon sekä JIT-tuotannon yritykset (Jacobs et al. 2011).

Ajastetussa tuotannossa oikeiden asioiden tekeminen perustuu järkevästi suunniteltuun aikatauluun. Ajastetulla tuotannolla tarkoitetaan sitä, että eri tuotteiden ja osatuotteiden valmistukselle luodaan aikataulu, jonka mukaisesti valmistus toteutetaan (Stevenson 2009). Aikataulun muodostamiseksi on tiedossa oltava tuotteiden tuoterakenne, ajoajat sekä tuotantovaiheiden järjestys (Jacobs et al. 2011). Edellä mainittujen tietojen avulla pystytään suunnittelemaan, missä järjestyksessä ja milloin tuotetta valmistetaan eli luomaan tuotteelle reititys ja aikataulu. Ajastetun tuotannon luomiseen hyödynnetään usein MRP-järjestelmää tarkan aikataulun tekemiseen. MRP-järjestelmää on tarkemmin esitelty luvussa 3.4.1.

Valinta ajastetun ja virtautetun tuotannon väliltä riippuu tuotantoympäristön piirteistä. Jacobs et al. (2011) listaa tyypillisiä valmistuksen ja tuotantoympäristön piirteitä sekä ajastetussa että virtautetussa tuotannossa. Eroja on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. *Ajastetun ja virtautetun tuotannon ominaisuuksien vertailua (Jacobs et al. 2011).*

Muuttuva ominaisuus	Ajastettu tuotanto	Virtautettu tuotanto
<i>Tuote</i>	Kustomoitu	Standardi
<i>Valikoima</i>	Laaja	Niukka
<i>Volyymi</i>	Matala	Korkea
<i>Sopeutumiskyky tuotemiksin muutoksiin</i>	Suuri	Rajoittunut
<i>Jakelun nopeuskyky</i>	Aikataulutus ja kapasiteetti	Varastosta
<i>Muutosten aikataulut</i>	Vaikeaa	Helppoa
<i>Prosessivalinta</i>	Erä	Linjatuotanto
<i>Kustannusten vähentämisen lähde/lähteet</i>	Kapasiteetin käyttöasteen parannus	Varastot ja yleiskustannukset

Taulukosta 1 huomataan ajastetun ja virtautetun tuotannon soveltuvan erilaiseen tuotantoon ja tuotantoympäristöön. Valinta ajastetun ja virtautetun tuotannon väliltä kuuluisikin

tehdä perustuen tuotannon ja tuotantoympäristön piirteisiin taulukossa 1 esiteltyjen ominaisuuksien avulla. Tuotantoympäristön piirteiden analysointi helpottaa valintaa ajastetun ja virtautetun tuotannon välillä. (Jacobs et al. 2011)

3.2.4 Tuotannon suorituskyvyn mittaaminen

Tuotannon pyrkimyksenä on vastata kysyntään mahdollisimman taloudellisesti (Stevenson 2009). Tuotannonohjauksen näkökulmasta tämä tarkoittaa sallitun keskeneräisen tuotannon määrän sääntelemistä, jotta tyydyttävä asiakaspalvelutaso on mahdollista saavuttaa (Gershwin 2000). Boonlertvanich (2005) kuvaa kyseessä olevan kahden muuttujan ongelma: keskeneräisen tuotannon määrä yritetään minimoida ja palvelutaso maksimoida. Keskeneräisen tuotannon määrää voidaan mitata esimerkiksi luvussa 3.2.1 esitellyn varastojen kiertonopeudella. Asiakaspalvelutasa voidaan mitata asiakastilausten täyttöasteella (Jacobs et al. 2011).

Jacobs et al. (2011) mukaan asiakastilausten täyttöaste voidaan laskea kaavalla:

$$\text{Asiakastilausten täyttöaste} = \frac{\text{asiakastilaus valmiina varastossa}}{\text{asiakastilaukset yhteensä}}. \quad (3)$$

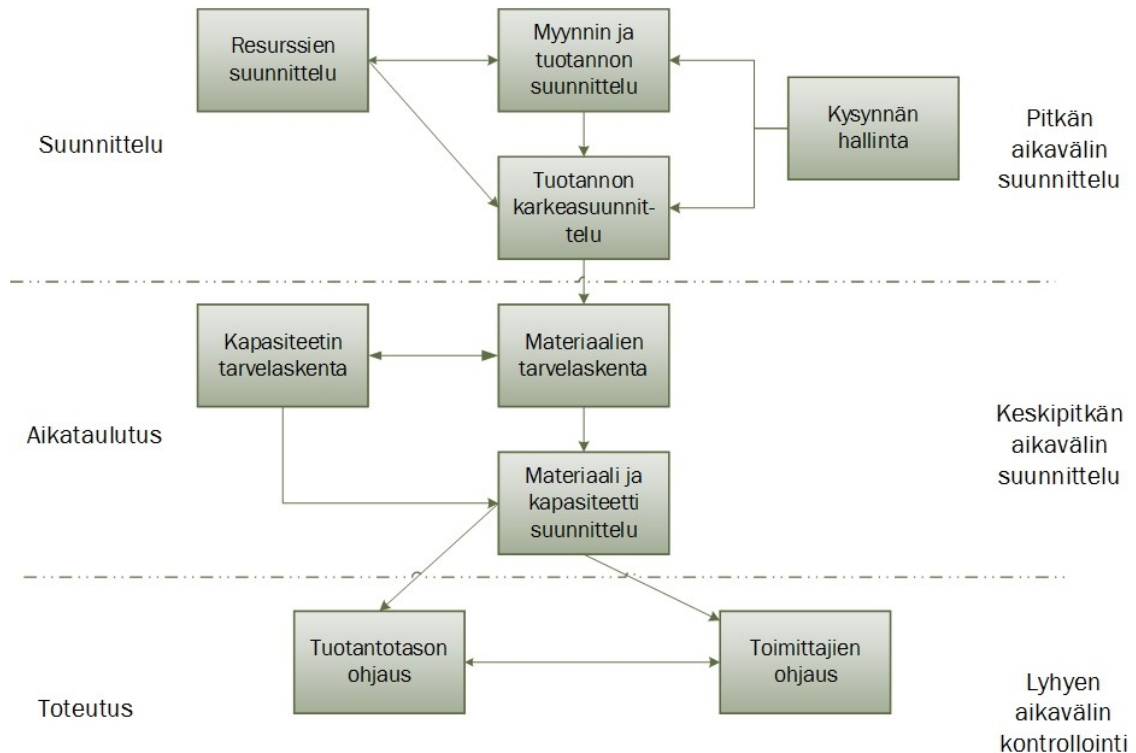
Asiakastilausten täyttöaste kertoo, miten suuressa osuudessa tulleistä asiakastilauksista tuote on heti valmiina asiakastilauksen tullessa. Toisin sanoen kyseessä on tilaukset, jotka pystytään toimittamaan suoraan varastosta asiakkaalle välittömästi asiakastilauksen saavuttua (Stevenson 2009, s. 578). Toinen mahdollinen asiakaspalvelutason mittari on mitata palvelutasa laskemalla, miten suurella todennäköisyydellä kysyntä ei ylitä tarjontaa tietyn aikavälin aikana (Stevenson 2009, s. 572).

3.3 Tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmä

Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus on monivaiheinen prosessi, jota voidaan kuvata mallien avulla. Tuotannon suunnittelemista ja ohjaamista mallintaa Jacobs et al. (2011) jakaen suunnitteluprosessin kolmeen osaan: suunnittelu, aikatauluttaminen ja toimeenpano. Hopp & Spearmanin (2000) käyttämässä lähes identtisessä suunnittelumallissa mallin eri osat ovat nimetty aikajänteiden mukaisesti: pitkän aikajänteen suunnittelu, keskipitkän aikajänteen suunnittelu ja lyhyen aikavälin kontrollointi. Lähes samanlaisen mallin on muodostanut myös Cheng & Simmons (1994). Heidän esittämässään tuotannon suunnittelu- ja ohjausmallissa eri osat on nimetty strategiatasoksi, suunnittelutasoksi ja toimintatasoksi. Eri tasojen välisiä yhteyksiä he mallintavat käyttämällä ympyrätasomallia. Heidän esittelemässä mallissa strategiatason ympyrään sisältyy suunnittelutaso ja suunnittelutasoon sisältyy toimintataso.

Tuotannon suunnittelu- ja ohjausmallia hyödyntämällä yritys pystyy suunnittelemaan ja ohjaamaan tuotantoaan kokonaisvaltaisesti. Malli auttaa myös yhdistämään tärkeimmät toimittajat ja asiakkaat yrityksen tuotantojärjestelmän kokonaisuuteen. (Jacobs et al.

2011) Tuotannon suunnittelu ja -ohjausjärjestelmän osia on havainnollistettu kuvassa 10 Jacobs et al. (2011) ja Hopp & Spearman (2000) mallien pohjalta.



Kuva 10. Tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmän osat (Mukaillen Hopp & Spearman 2000 ja Jacobs et al. 2011).

Tuotannon ohjaaminen ja suunnitteleminen etenee vaiheittain tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmässä. Kuvassa 10 esitetyssä mallissa vaiheittainen suunnitteleminen etenee ylhäältä alaspäin pitkän aikavälin suunnittelusta lyhyen aikavälin kontrollointiin. Aikaisempien vaiheiden perusteella kerätyt tiedot ja tehdyt päätökset siirtyvät seuraavien vaiheiden käytettäväksi, mikä tarkoittaa vaatimusta järjestelmälliseen etenemiseen. (Jacobs et al. 2011)

Vaiheilla on suunnittelu- ja ohjausjärjestelmässä omat roolit. Suunnitteluvaiheessa aikahorisontti on melko pitkä, tyypillisesti kuudesta kuukaudesta viiteen vuoteen (Hopp & Spearman 2000, s. 136). Suunnitteluvaihe on ensimmäisenä tehtävä vaihe mallissa. Se asettaa suunnan koko tuotannolle yhdistäen eri liiketoimintasuunnitelmien tuotannolliset vaikutukset. Suunnitteluvaiheeseen kuuluvat osat ovat resurssien suunnittelu, myynnin ja tuotannon suunnittelu, kysynnän hallinta ja tuotannon karkeasuunnittelu. Seuraavaksi tehtävä aikataulutusvaihe on aikajänteeltään noin viikosta enintään pariin viikkoon. Siinä tuotannolla luodaan lyhytaikainen suunnitelma ja koneille kuormitus. Aikataulutusvaihe koostuu seuraavista tehtävistä: kapasiteetin tarvelaskenta, materiaalin tarvelaskenta sekä materiaali ja kapasiteettisuunnittelu. Viimeisenä tehdään toteutusvaihe. Siinä käsittelyssä on lyhyellä aikajänteellä tapahtuva päivittäinen toiminta. Toteutusvaiheessa suoritetaan tuotannon tasolla tapahtuvaa ohjausta sekä toimittajien ohjausta. (Jacobs et al. 2011)

3.4 Tuotannonohjausmenetelmien esittely

Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen kaksi pääkysymystä ovat: Milloin tuotanto alkaa ja miten paljon tuotantoa sallitaan? Ensimmäiseen kysymykseen vastaamalla pystytään ohjaamaan töiden vapautumistaajuutta prosessiin. Uusien töiden prosessiin vapauttamisen on havaittu vaikuttavan eniten tehtaan suorituskyykyyn (Gershwin 2000). Toisessa kysymyksessä on kyseessä keskeneräisen tuotannon ohjaus, joka tarkoittaa keskeneräisen tuotannon määrän hallitsemista. (Hopp & Spearman 2000, s. 141-142) On olemassa useampia menetelmiä, jotka pyrkivät eri keinoin ohjaamaan materiaalin vapautusta prosessiin ja keskeneräisen tuotannon määrää. Menetelmät voivat esimerkiksi vaihdella ohjausperusteen, eli imu- tai työntöohjauksen, perusteella (González-r et al. 2012).

Eräs tapa jaotella tuotannonohjausmenetelmiä on jaottelu tuotannon käynnistämismekanismien perusteella eri menetelmiin: aikaperusteiset (*time-based*), ylijäämäperusteiset (*surplus-based*) ja symboliperusteiset (*token-based*) (Gershwin 2000; González-r et al. 2012). Tosin esimerkiksi Base Stock -menetelmää on sovellettu sekä aika-, ylijäämä että symboliperusteisesti (González-r et al. 2012). Ryhmiin jaottelua ja ryhmien eroavaisuuksia havainnollistetaan taulukossa 2.

Taulukko 2. *Tuotannonohjausmenetelmien jaottelua.*

Menetelmäryhmä	Ohjaustapa uuden työn aloitukseen	Esimerkkejä menetelmistä
Aikaperusteiset	Aikatauluun perustuva tuotanto (ajastettu tuotanto)	MRP, EDD, LS
Ylijäämäperusteiset	Kumulatiivisen tuotannon ja kysynnän eron seuranta	Hedging Point, two-boundary, (BS)
Symboliperusteiset	Symbolien (usein kortit) käyttö tuotannon aloittamiseksi (virtautettu tuotanto)	Kanban, Conwip, PAC, Extended Kanban, Generalized Kanban (BS)

Yrityksen on tarkasteltava sen tuotannon piirteistä Leonardon et al. (2017) mukaan tuotantovolyymia, kysynnän ennustettavuutta, tuotantoerien kokoa, tuotannon toistuvuutta, tuotemixin eroavaisuuksia ja tuoteperheitä löytääkseen sopivan tuotannonohjausmenetelmän.

3.4.1 Aikaperusteiset menetelmät

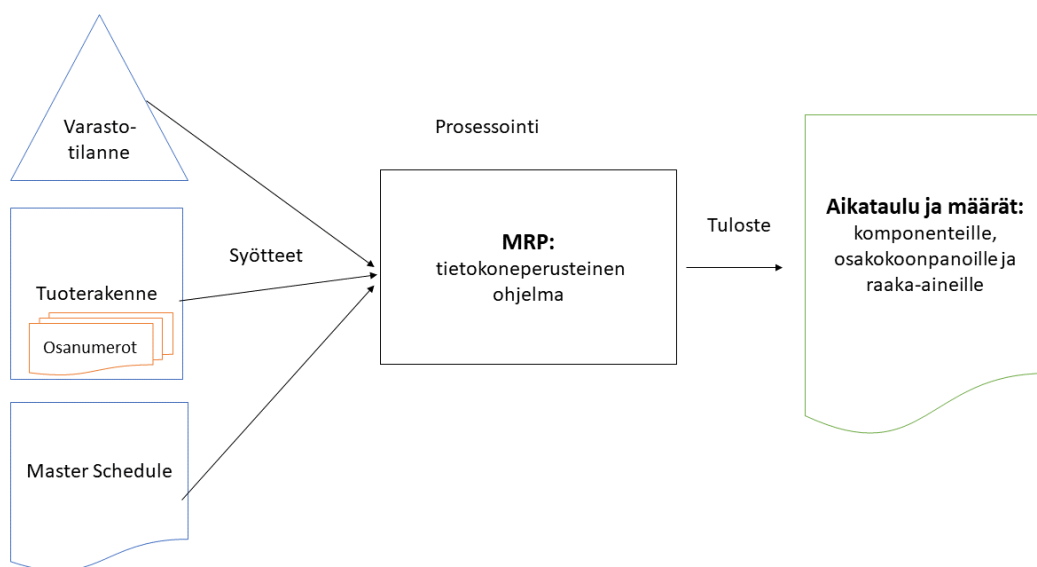
Aikaperusteiset menetelmät ovat työntöohjausta käyttäviä menetelmiä, joissa töiden vapautus prosessiin perustuu tiettyyn ajankohtaan (Gerhwin 2000). Töiden vapauttaminen prosessiin voi tapahtua erilaisten prioriteettisääntöjen perusteella (Stevenson 2009, s. 746). Prioriteettisääntöjen toimintamekanismit erottavat eri aikaperusteiset menetelmät toisistaan. Prioriteettisääntöjen käyttäminen vaatii, että on olemassa riittävä määrä tietoa kaikkien töiden kestosta ja kiireellisyydestä. (Jacobs et al. 2011)

Aikaperusteisia menetelmiä ovat esimerkiksi Earliest Due Date (EDD, aikaisin eräpäivä), Least Slack (LS) tai MRP. EDD-menetelmää käytettäessä valitaan työstettäväksi kappale, jonka eräpäivä on aikaisin. LS-menetelmässä työksi valitaan se, jolla on pienin liukuma-aika (Least Slack). Kyseinen aika on eräpäivän ja oletetun systeemistä poistumisajankohdan välinen ero. (Gershwin 2000)

Aikaperusteiset menetelmät sopivat parhaiten tuotantoympäristöihin, joissa on seuraavanlaisia piirteitä (Jacobs et al. 2011):

- kustomoituja ja paljon erilaisia tuotteita
- pieni yksittäisen tuotteen kysyntä
- laaja tuotemix
- pienen volyymin erätuotanto

MRP-menetelmässä tietokoneperusteinen ohjelma laatii tuotannolle aikataulutuksen ja tuotantomäärät (Gershwin 2000). MRP on tietokoneperusteinen järjestelmä, joka hyödyntää tuoterakenteita, varastotilanteita ja karkeasuunnitelmaa (eng. master schedule) määrittääkseen tarpeet tuotantomäärille tuotteiden, osakokoonpanojen, komponenttien ja raaka-aineiden osalta valitussa aikaikkunassa (Stevenson 2009, s.631-649). MRP-järjestelmän avulla vastataan kysymyksiin: Mitä tarvitaan? Miten paljon tarvitaan? Milloin tarvitaan? (Stevenson 2009, s. 648-649) MRP-menetelmää käytetään eniten komponentti-tuotannon suunnitteluun ja ohjaamiseen (Ptak et al. 2013). MRP-järjestelmän tarkoituksena on liittää yhteen kaksi tuotannon ratkaistavana olevaa asiaa: tuotantomäärät ja tuotannon ajoittaminen (Gong et al. 2014, s. 210). MRP-järjestelmän toimintaa havainnollistetaan kuvassa 11.



Kuva 11. MRP-järjestelmän yleisperiaate (mukaillen Stevenson (2009, s. 649)).

3.4.2 Ylijäämäperusteiset menetelmät

Ylijäämäperusteisten menetelmien toiminta perustuu siihen, että verrataan kumulatiivista tuotantoa kumulatiiviseen kysyntään. Valinnat valmistettavista tuotteista tehdään sen perusteella, miten paljon kumulatiivinen tuotanto eroaa kumulatiivisesta kysynnästä. (Gershwin 2000) Tarkemmin ilmaistuna osaprosessin osalta ylijäämä tarkoittaa osaprosessin kumulatiivisen tuotannon ja lopputuotteesta johdetun kysynnän erotusta (Yan et al. 1996). Toimiakseen ylijäämäperusteiset menetelmät vaativat tiedot kysynnästä, esimerkiksi tilauskannan avulla, ja kumulatiivisesta tuotannon määrästä (Gershwin 2000).

Hedging Point -menetelmän avulla pyritään valitsemaan tuotantoaste, joka pitkällä aikavälillä minimoi ylimääräisen varaston ja tilauskannan ylläpitoon liittyvät kustannukset. Hedging Point kuvastaa halutun ylijäämävaraston tasoa. (Srivatsan & Dallery 1998) HedgingPoint -menetelmä tarvitsee tietoonsa eri tuotteiden tai komponenttien tärkeys pisteet, jotta se voisi esimerkiksi toimia eräällä yksinkertaistetulla säännöllä: ”Tuotetaan korkeimman tärkeyspisteen omaavaa tuotetta tai osakomponenttia, jonka ylijäämä on alle sen asetetun Hedging Point -arvon” (Gershwin 2000).

Two-Boundary -menetelmässä huomioidaan sekä poikkeama määritellyssä ylijäämässä että keskeneräisessä tuotannossa. Näiden arvojen perusteella valitaan tehtäväksi se tuote tai osakomponentti, joka on eniten jäljessä suunnitellusta tuotannosta. (Yan et al. 1996) Kyseessä on hyvin matemaattisesti ratkaistava ja sovellettava menetelmä.

3.4.3 Symboliperusteiset menetelmät

Kaikissa symboliperusteisissa menetelmissä tuotantoprosessissa on kolme erilaista liikkuva osaa: osat, kysyntä ja tuotannon lupasignaali (Gershwin 2000). Symboliperusteisissa menetelmissä tuotannon aloittaminen perustuu lupasignaalin, jonkin symbolin, saapumiseen työasemalle (González-r et al. 2012). Tuotanto voidaan käynnistää vain, jos sekä tarvittavat osat että symboli ovat saatavilla. Symboliperusteiset menetelmät hyödynävät imuohjausta, joten tuotannon aloittamiseksi informaatio tuotantotarpeesta tulee joltakin alavirran vaiheelta (González-r et al. 2012).

Symboliperusteisten menetelmien eroavaisuuksia voidaan kuvata säädettävien parametrien määrän mukaan (Boonlertvanich 2005). Yksiparametrisissa menetelmissä samalla symboli viestittää sekä tuotantomäärää että kysyntämäärää. Useamman parametrin menetelmissä tuotantomäärä ja kysyntäinformaatio on erotettu toisistaan eri tavalla kontrolloitavaksi. Eri menetelmissä informaatio siirtyy eri tavoin. Lisäksi tuotannon aloittamisperuste vaihtelee menetelmien välillä. (Bonvik et al. 1997) Valikoitujen symboliperusteisten menetelmien eroavaisuuksia havainnollistetaan taulukossa 3.

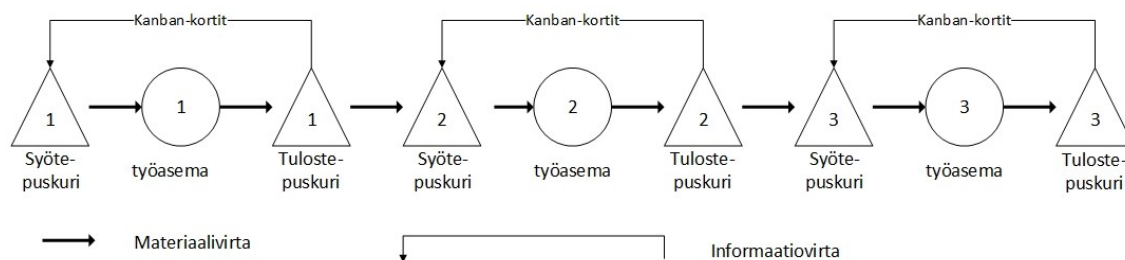
Taulukko 3. *Joidenkin symboliperusteisten ohjausmenetelmien jaottelua.*

Menetelmä	Paramet- rien määrä	Keskeneräisen tuotannon ra- joittaminen	Informaation kulku prosessissa	Tuotannon aloittamis- peruste	Kysyntätieto heti joka vai- heeseen
Kanban	1	osaprosessit	peräkkäiset proses- sit	kortti	
Base Stock (muun- neltu)	1	(osaprosessit)	kaikkiin vaiheisiin yhtä aikaa	varastotaso	
Conwip	1	koko linja	viimeisestä ensim- mäiseen	kortti	
Generalized Kanban	2	osaprosessit	peräkkäiset proses- sit	kortti ja va- rastotaso	
Extended Kanban	2	osaprosessit	peräkkäiset proses- sit ja kaikkiin yhtä ai- kaa	kortti ja va- rastotaso	✓
Conwip Kanban	2	osaprosessit	peräkkäiset proses- sit ja viimeisestä en- simmäiseen	kaksi korttia	
DBR	1	pullonkaula	pullonkaulasta en- simmäiseen	kortti	
PAC	3	osaprosessit	kaikkiin yhtä aikaa ja edeltävä prosessi	kaksi korttia	✓
Generic Kanban	1	osaprosessit	jokaisesta ensim- mäiseen	kortti jokai- sesta vai- heesta	
POLCA	1	valittujen pro- sessien välillä	Määriteltyjen pro- sessin osien välillä	kortti	

Taulukosta 3 nähdään esiteltyjen menetelmien osalta, että eroavaisuuksia ei ole jokaisessa kontrolloitavassa asiassa eri menetelmien välillä. Eniten vaihtelua on siinä, miten informaatio välittyy eri prosessin vaiheille. Tarkemmin eri symboliperusteisia menetelmiä esittelee esimerkiksi González-r et al. (2012).

KANBAN

Kanban-menetelmässä tuotannonohjauksessa hyödynnetään symboleina kysyntä- ja määrainformaation siirtämisen kanban-kortteja. Kanban-kortti toimii tuotantosignaalin valtuuttaakseen edeltävän tuotantoprosessin vaiheen aloittamaan tuotannon. (Hopp & Spearman 2000, s. 162) Kanban-systeemi toimii ketjumaisesti: tuotannon aloitussignaalin tulee jokaisessa tuotantoprosessin vaiheessa vaihetta seuraavalta tuotantoprosessin vaiheelta imuohjauksen periaatteiden mukaisesti. Materiaalit ja kanban-kortti kulkevat yhdessä seuraavaan vaiheeseen, kunnes seuraava vaihe vapauttaa kanban-kortin takaisin kiertoön (Baynat et al. 2002). Kanban-menetelmän toimintaperiaate esitellään kuvassa 12.



Kuva 12. Kanban-systeemin tuotannonohjaus (mukaillen Hopp & Spearman 2000, s.351).

Kanban-kortilla on samanaikaisesti kaksi roolia: keskeneräisen tuotannon määrän hallinnointi sekä tuotantoajankohdan kontrollointi (Baynat et al. 2002). Kaksi erilaista roolia voivat aiheuttaa haasteita Kanban-menetelmälle ja kanban-korteille, jos kysyntä tai prosessiajat ovat vaihtelevia. (Dallery & Liberopoulos 2000) Kanban-korttien lukumäärä vaikuttaa keskeneräisen tuotannon määrään. Lisäksi yksittäisen kortin symboloima kapalemäärä vaikuttaa keskeneräisen tuotannon määrään. Kyseiset ominaisuudet yhdessä kontrolloivat keskeneräisen tuotannon määrää. (Kleijnen et al. 2000) Keskeneräinen tuotannon määrän kontrollointi tapahtuu jokaisen tuotantoprosessin vaiheen välillä kanban-korttien avulla (Framinan et al. 2006). Tuotanto voidaan aloittaa vain sekä materiaalin että kanban-kortin ollessa vapaana, mikä ohjaa tuotantoajankohdan määrittämistä (Hopp & Spearman 2000).

Kanban-systeemin toimimisen kannalta keskeistä on, että kanban-korttien lukumäärä on määriteltä oikein. Kanban-korttien määrä voidaan laskea (Stevenson 2009, s. 711):

$$\text{Kanban kortit} = \frac{DT(1+X)}{c}, \quad (4)$$

missä D on työpisteen suunniteltu käyttöaste, T on keskimääräinen osien odotusajan ja tuotantoajan summa, X tarkoittaa arvioitua systeemin tehottomuutta ja C standardikontin kapasiteettia.

Kanban-korttimenetelmiä on käytössä yhden kortin ja kahden kortin systeemit. Yhden kortin kanban-systeemissä yksittäinen kortti toimii tuotannon aloitussignaalin ja tuotantomäärän kertojana. (Hopp & Spearman 2000, s. 164) Kahden kortin kanban-systeemissä kontrolloidaan sekä materiaalin tuotantoa että materiaalin siirtämistä kanban-korteilla. Tuotanto-kanban kertoo tarvittavan tuotantomäärän edeltäville prosessin vaiheille. Siirto-kanban kertoo, miten monta yksikköä tulisi seuraavaan vaiheeseen siirtää. (Kumar & Panneerselvam 2007)

Ideaalitilanteessa Kanban-menetelmällä pystytään valmistamaan tuotteita joustavasti vain todelliseen tarpeeseen (Hopp & Spearman 2000). Kyseistä tavoitetta tukevat Kanban-menetelmän pyrkimys tuotannossa mahdollisimman pieneen eräkoko, tasaiseen tuotantoon sekä vain seuraavaan vaiheen tarpeen mukaiseen valmistukseen (Sugimori et

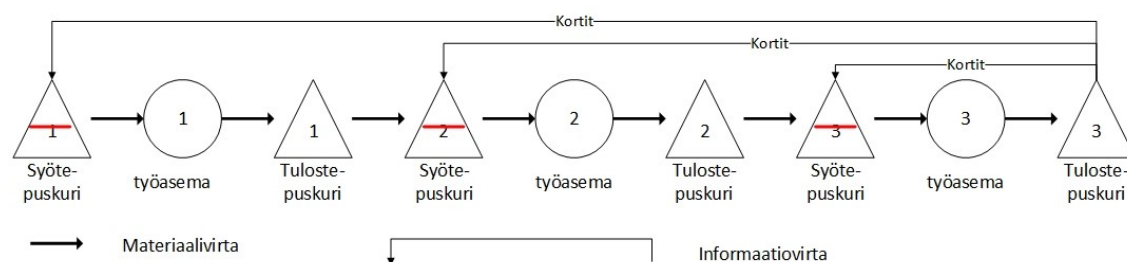
al. 1977). Keskeneräisen tuotannon vähentymisen myötä Kanban-menetelmällä voidaan saavuttaa lyhyemmät läpimenoajat ja joustavuutta tuotantoon (Hopp & Spearman 2000).

Tehokkaasti toimiakseen Kanban-menetelmä tarvitsee ideaaliset olosuhteet (Kleijnen et al. 2000). Oikeanlaisessa toimintaympäristössä on suuri tuotantovolyyymi, suhteellisen vähän erilaisia osia tai tuotteita ja vähäistä variaatiota prosessissa ja kysynnässä (Bonvik et al. 1997). Vähäistä variaatiota kysynnässä ja prosessissa vaaditaan, koska Kanban-systeemi on hyvin hidas reagoimaan kysynnän muutoksiin varsinkin prosessin alkuvaiheissa (esim. Sharma & Agrawal 2009 tai Boonlertvanich 2005).

Base Stock

Base Stock -menetelmällä (BS, suomeksi perusvarasto-menetelmä) tuotannon aloitussignaalinä toimii määritelty minimivarastosaldo. Kun varastosaldo menee määritellyn minimisalidon alle prosessin jossakin vaiheessa, aloitetaan tuotanto kyseisessä vaiheessa varastosaldon saamiseksi takaisin määritellylle tasolle. (Boonlertvanich 2005) Kysyntä lopputuotevarastossa viestitetään kaikille ylävirran vaiheille samanaikaisesti, mikä aiheuttaa muutoksen kaikkiin varastosaldoihin (Duri et al. 2000). Varastosaldossa huomioidaan myös jo saapunut kysyntä (Duri et al. 2000). Kuvassa 13 on González-r et al. (2012) esittämä muunneltu Base Stock -tuotannonohjausmenetelmästä.

Kuvassa 13 Base Stock -menetelmä on esitettyä korttipohjaisena systeeminä, jossa kysyntäinformaatio siirretään tuotantoprosessin eri vaiheisiin samanaikaisesti korttien avulla. Jokaisen tuotantovaiheen syötepuskurissa on määritelty varmuusvarastotaso, jota kuvassa 13 ilmaistaan syötepuskureissa olevilla viivoilla. Informaation välitys saapuneesta kysynnästä Base Stock -systeemissä voi tapahtua muullakin tavalla kuin korteilla (González-r et al. 2012).



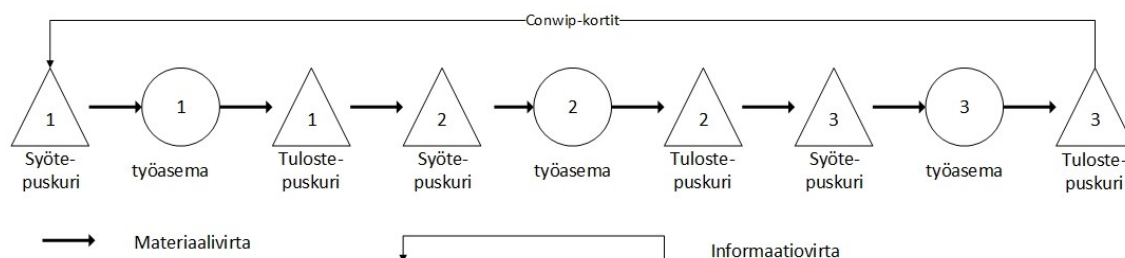
Kuva 13. Korteilla toimivan Base Stock –systeemin toimintaperiaate (Mukaillen González-r et al. 2012).

Base Stock -tuotannonohjausmenetelmä on hyvin riippuvainen onnistuneesta varmuusvarastotason määrittelystä (Duri et al. 2000). Toimiakseen optimaalisella tavalla on varastotasojen oltava hyvin määriteltyjä, jotta tuotannon tehokkuus pysyy hyvänä. Tämän takia Base Stock -menetelmää käytettäessä on varastosaldot seurattava, jotta mahdollisia muutoksia varmuusvaraston saldoon voidaan tehdä tarvittaessa nopeastikin (Duri et al. 2000).

Menetelmän etuna on se, ettei informaationkulussa synny katkoksia informaation siirtyessä jokaiseen prosessin vaiheeseen samanaikaisesti. Toisaalta menetelmän heikkoutena on hyvin vähäinen keskeneräisen tuotannon rajoittaminen. (Boonlertvanich 2005) Alavirran tuotantoprosessin vaiheessa tapahtuva koneen rikkoutuminen ei välity menetelmässä prosessin ylävirran vaiheelle, vaan ylävirran prosessin vaiheet jatkavat tuotantoaan lopputuotteeseen kohdistuvan kysynnän mukaisesti. Tämän seurauksena jonkin prosessivaiheen eteen voi aiheutua suuret keskeneräisen tuotannon varastot. (Bonvik et al. 1997) Toisaalta Base Stock –menetelmää sovellettaessa symboliperusteisesti korttien avulla edellä mainittu huono keskeneräisen tuotannon kontrollointi voidaan välttää asettamalla limiitti korttien määrällä systeemeissä. (González-r et al. 2012).

CONWIP

Conwip-menetelmässä (Constant Work in Process) tuotannon aloitussignaalina toimii viimeisestä ensimmäiseen vaiheeseen tuleva kortti (Spearman et al. 1990). Työ aloitetaan tuotantoprosessin ensimmäisessä vaiheessa, kun vaiheessa on conwip-kortti saatavilla. Työstämisen aloitettua tuotantoprosessin ensimmäisessä vaiheessa tarkoituksena on saada materiaali prosessoitua niin nopeasti kuin mahdollista lopputuotevarastoon työntö-ohjausperiaatteen mukaisesti. Conwip-kortti kulkee työstettävän materiaalin mukana koko tuotantoprosessin läpi, kunnes vapautuu uudelleen kiertoonsa lopputuotevarastosta. Conwip-systeemeissä vain lopputuotevarasto on täysi ja tarkoituksena on välttää välivarastoja. (Bonvik et al. 1997) Keskeneräisen tuotannon kontrolloinnin Conwip-menetelmä suorittaa koko tuotantoprosessin näkökulmasta hyödyntämällä conwip-kortteja (Framinan et al. 2006). Conwip-menetelmää on havainnollistettu kuvassa 14.



Kuva 14. Conwip-menetelmän toimintaperiaate (Mukaillen Hopp & Spearman 2000, s. 351).

Conwip-menetelmän toimimiseksi tarvitsee valita conwip-korttien lukumäärä, tavoitellut tuotantomäärät tietyllä ajalla sekä hyödyntää tilauskantaa (Spearman et al. 1990). Conwip-korttien lukumäärä määrittää tuotantolinjan enimmäisarvon keskeneräisen tuotannon määrälle. Tavoitellut tuotantomäärät kertovat maksimaaliset varastomäärät. Tilauksenantavien avulla kohdennetaan tilaukset tehtäväksi oikeassa järjestyksessä. Tilaukskantaa tarvitaan, jotta kaikkien conwip-korttien ollessa systeemeissä voidaan tilausten saapumisjärjestyksen mukainen tuotanto toteuttaa. (Bonvik et al. 1997) Framinan et al. (2006) mukaan

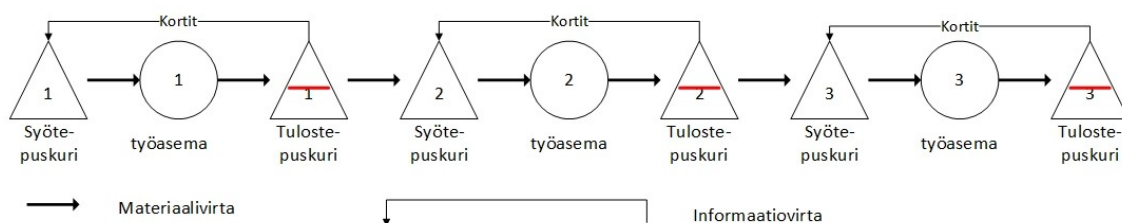
varasto-ohjautuvassa tuotannossa työjonoa ei tarvitse välttämättä muodostaa, vaan toiminta voi tapahtua kysyntään reagoimalla. Tällöin tuotekohtainen valinta voidaan tehdä luomalla kiinteä, toistuva aikataulu pitkäaikaisen kysynnän perusteella.

Conwip-menetelmä soveltuu monenlaiseen tuotantoympäristöön. Tuotannonohjausmenetelmänä se soveltuu erityisen hyvin tuotantoon, jossa pyrkimyksenä on maksimaalinen kapasiteetin hyödyntäminen (Spearman et al. 1990). Conwip-menetelmä soveltuu myös pienemmän volyymin ja suuremman variaation tuotantoon, koska kysyntävaihtelu ei ole yhtä suurta, kun käsitellään useiden tuotteiden menekkiä yhdessä (Bonvik et al. 1997).

Yksittäisten vaiheiden keskeneräisen tuotannon määrää Conwip-menetelmä ei kontrolloi. Pullonkaulavaiheiden ja hitaiden koneiden välillä voi syntyä suuriakin varastoja, mikä voi aiheuttaa ongelmia tuotantoprosessin toimivuudelle. (Kleijnen et al. 2000)

Generalized Kanban

Generalized Kanban -menetelmässä tuotantomäärän ja tuotantoajankohdan kontrollointi on erotettu toisistaan. Tuotantoajankohta määritetään saapuvien korttien perusteella ja tuotantomäärä määritellystä varastotasosta. Komponenttikohtaiset kortit välittävät menetelmässä kysyntäinformaatiota aina seuraavalta tuotantoprosessin vaiheelta edeltävälle. Tuotantomäärä jokaisessa työvaiheessa valitaan sellaiseksi, että tavoiteltu tulostepuskurin varastotaso saavutetaan. (Frein et al. 1995) Kuvassa 15 on esitetty menetelmän toimintaperiaatetta.



Kuva 15. *Generalized Kanban -menetelmän toimintaperiaate (mukaillen González-r et al. 2012).*

Menetelmä on yhdistelmä Kanban- ja BS-menetelmiä. Menetelmässä kontrolloitavien parametrien roolit ovat Kanban- ja BS-menetelmien mukaisesti (González-r et al. 2012):

- 1) Kortit kontrolloivat keskeneräisen tuotannon määrää prosessissa.
- 2) Tulostepuskuriin asetettu varastotaso kertoo tavoitellun tuotantomäärän.

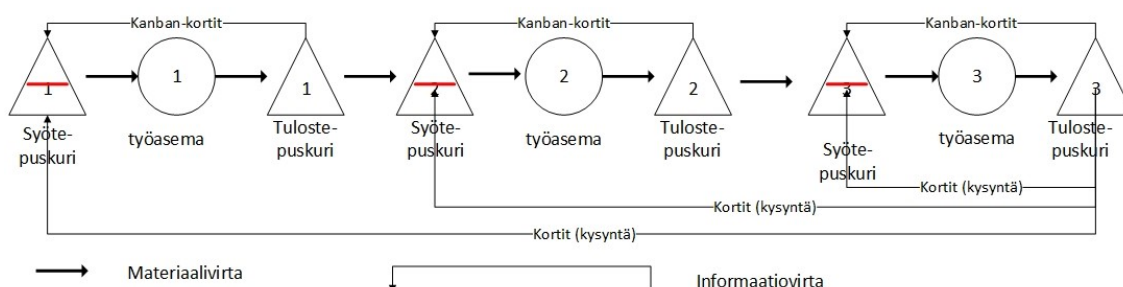
Luodakseen Generalized Kanban -menetelmän mukaisen tuotannonohjauksen tarvitsee valita korttien lukumäärä sekä tavoitellut tulostepuskurin varastotasot (Frein et al. 1995). Menetelmässä asetetulla tulostepuskurin varastotasolla vaikutetaan eniten palvelutasoon.

Mitä suurempi varastotaso on, sitä useampi tilaus pystytään toimittamaan suoraan varastosta. (Dallery & Liberopoulos 2000) Valitulla korttien lukumäärällä vaikutetaan eniten tuotannon kapasiteettiin (Frein et al. 1995).

Generalized Kanban -menetelmä tarjoaa joustavuutta tuotannonohjaukseen kahden parametrin ansiosta. Kysyntäinformaatio voidaan siirtää erillään tuotantomääräinformaatiosta, joka mahdollistaa tarkemmin välittyvät kysyntätiedot. Tämä on mahdollista, koska kanban-kortit eivät ole sidottuina valmiisiin osiin. (Frein et al. 1995) Toisaalta kaksi säädettävää parametriä tekee menetelmästä monimutkaisemman toteuttaa, sillä molempien parametrien arvot pitäisi pystyä määrittämään sopiviksi (Dallery & Liberopoulos 2000).

Extended Kanban

Extended Kanban -menetelmässä tuotantomäärä- ja kysyntäinformaatiot on eroteltu omiksi parametreikseen. Tuotantomäärän valitseminen perustuu tavoitellun tulostepuskurin varastotason saavuttamiseen. Kysyntäinformaatio välittyy menetelmässä jokaiseen vaiheeseen välittömästi, kun lopputuotteeseen kohdistuu kysyntää. Tuotantoajankohta määräytyy seuraavalta prosessin vaiheelta tulevien kanban-korttien avulla. (Dallery & Liberopoulos 2000) Valmistuksen aloittamiseen tarvitaan komponenttikohtainen kanban-kortti ja tulostepuskurivaraston varmuusvaraston saldon pitää olla alle määritellyn rajan (González-r et al. 2012). Kuvassa 16 on havainnollistettu menetelmän toimintatapaa.



Kuva 16. Muunnelma Extended kanban –systeemin toimintaperiaatteesta (González-r et al. 2012).

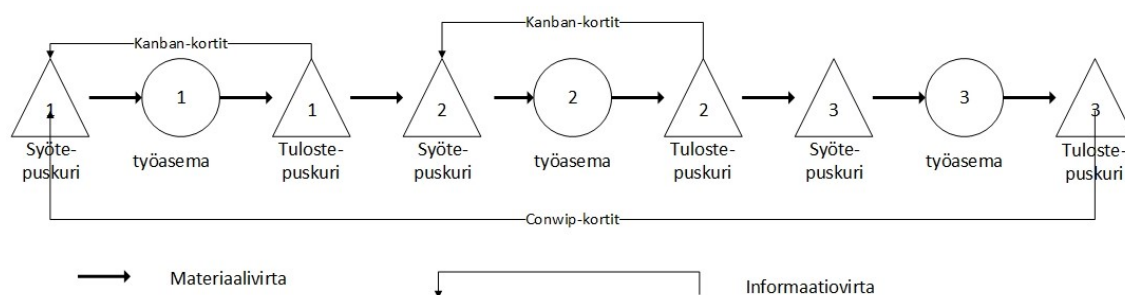
Menetelmässä tarvitsee määrittää kanban-korttien lukumäärä sekä tulostepuskurien varastotasot. Kanban-korttien lukumäärä asettaa tuotannon kapasiteetin ja tulostepuskurin tasolle kontrolloidaan palvelutasoa. Ensimmäiseksi kannattaa valita korttien lukumäärä siten, että tavoiteltu tuotantokapasiteetin taso saavutetaan. Toisena kuuluu säätää varastotasot halutun palvelutason mukaisiksi. (Dallery & Liberopoulos 2000)

Extended Kanban -menetelmä tarjoaa kahden parametrin ansiosta joustavuutta kysynnän vaihteluun reagoimiseksi (Dallery & Liberopoulos 2000). Menetelmä yhdistää BS- ja Kanban-menetelmien etuja: BS-menetelmän nopeamman kysyntään reagoimisen ja Kan-

ban-menetelmän paremman töiden ja keskeneräisen tuotannon koordinoinnin (Boonlertvanich 2005). Joustavuus menetelmässä voidaan saavuttaa esimerkiksi valitsemalla tavoitellut tulostepuskurin varastotasot pieneksi ja valitsemalla kanban-korttien lukumäärät kysynnän mukaan. Korttien lukumäärää säätelemällä pystytään kysyntäpiikkeihin reagoimaan nopeasti. (Dallery & Liberopoulos 2000)

CONWIP/KANBAN

Conwip/Kanban-menetelmässä hyödynnetään kahta korttisymbolia tuotannonohjauksen koordinointiin. Toisesta tuotantoprosessin vaiheesta eteenpäin menetelmä toimii kuten Kanban-menetelmä: prosessin seuraavasta vaiheesta tulevilla kanban-kortilla kontrolloidaan tuotantomäärää ja -ajankohtaa. Ensimmäisessä prosessin vaiheessa tuotannon käynnistämisen lupasignaalksi tarvitaan sekä kanban-kortti että conwip-kortti. Kanban-kortti tulee prosessin seuraavasta vaiheesta ja conwip-kortti siirtyy lopputuotevarastosta. (Boonlertvanich 2005) Menetelmän toimintaa havainnollistetaan kuvassa 17.



Kuva 17. *Conwip/Kanban-tuotannonohjausmenetelmän toimintaperiaate (González et al. 2012).*

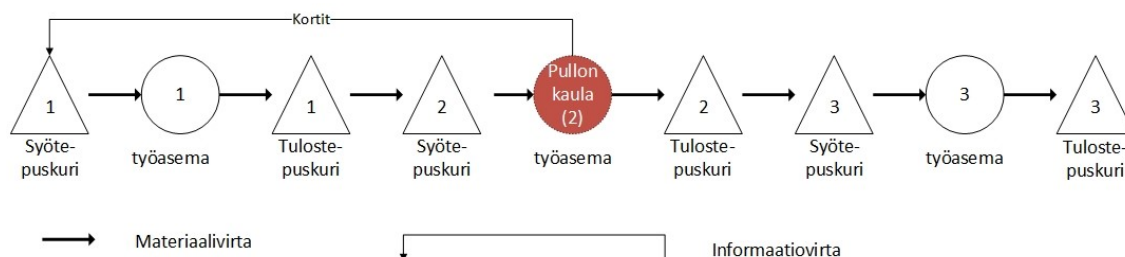
Menetelmä on yhdistelmä Kanban- ja Conwip-menetelmistä, joten toimiakseen menetelmässä tarvitsee määritellä sekä kanban-korttien että conwip-korttien lukumäärät. Kanban-korttien määrällä kontrolloidaan yksittäisen vaiheen maksimaalista keskeneräistä tuotantoa ja conwip-korttien lukumäärällä koko tuotantoprosessin keskeneräisen tuotannon määrää. (Boonlertvanich 2005)

Menetelmä yhdistää Conwip-menetelmän hyvän läpimenoajan ja Kanban-menetelmän paremman jokaisen prosessin vaiheen keskeneräisen tuotannon kontrolloinnin (Kleijnen et al. 2000). Tämän takia Conwip/Kanban-menetelmä on hyödyllinen erityisesti pitkissä ja suuremman vaihtelun tuotantoprosesseissa (Bonvik et al. 1997). Leonardo et al. (2017) toteaa menetelmän soveltuvan epävakaiseen kysyntään, jollainen voi olla pienten tuotantoerien ja suuren tuotevariaation tuotanto.

DBR (Drum-Buffer-Rope)

Drum-Buffer-Rope-menetelmässä (DBR, pullonkaulaohjaus) tuotantoa ohjataan prosessin pullonkaulaoperaation käyttöasteen maksimoimiseksi. Pullonkaulaoperaatiolla tarkoitetaan prosessin suurimman läpimenoajan vaihetta, joka hidastaa koko muun prosessin

etenemistä. (Stevenson 2009, s. 755) Korttien avulla sovellettuna menetelmässä keskeneräisen tuotannon määrää säätelevät kortit kulkevat pullonkaulavaiheen ja ensimmäisen vaiheen välillä rajoittaen keskeneräisen tuotannon määrää ennen pullonkaulavaihetta. Pullonkaulavaiheen jälkeinen tuotanto tehdään mahdollisimman nopeasti työntöohjauksen periaatteilla. Korteilla toimivan DBR-menetelmän toimintaperiaatetta havainnollistetaan kuvassa 18. DBR-menetelmää voidaan soveltaa myös muilla tavoilla kuin korttien avulla. (González et al. 2012)



Kuva 18. DBR -menetelmän toimintaperiaate kortteja hyödyntämällä (González-r et al. 2012).

Menetelmässä ainoa säädettävä parametri on ensimmäisen vaiheen ja pullonkaulavaiheen välisten korttien lukumäärä. (González et al. 2012) Kyseinen arvo määrittää, miten suuri keskeneräinen tuotanto voi suurimmillaan syntyä pullonkaulavaiheen eteen.

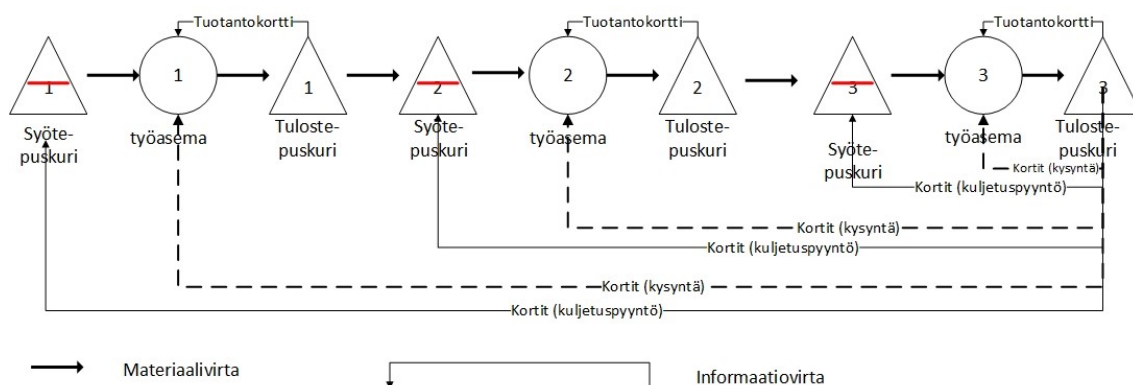
DBR-menetelmä on erittäin toimiva tuotannonohjausmenetelmä tuotantoprosesseihin, joissa löytyy selkeä pullonkaulavaihe (Thürer et al. 2016). Pullonkaulavaihe asettaa rajoitteen tuotannon suurimmalle määrälle, joten selkeän pullonkaulavaiheen prosesseissa tuotannon suorituskyky parantuu merkittävimmin maksimoimalla pullonkaulavaiheen kapasiteetti (Stevenson 2009, s. 755).

PAC

Production Authorization Cards -menetelmässä (PAC) käytetään tuotannonohjaukseen kolmea erilaista korttia tuotantomäärän ja -ajankohdan määrittämiseksi. Korttien avulla siirretään kysyntäinformaatiota ja kontrolloidaan keskeneräistä tuotantoa: (González-r et al. 2012)

- 1) Kysyntäkortit kuvastavat kysyntää. Ne siirretään ylävirtaan eli tuotantoprosessin aiempiin vaiheisiin asiakastilausten perusteella tuotantoaikataulun muodostamiseksi.
- 2) Kuljetuskorteilla valtuutetaan materiaalin siirtäminen työasemalle. Niiden avulla kontrolloidaan syötepuskurista työasemalle siirrettävää materiaalia.
- 3) Tuotantokortit rajoittavat keskeneräistä tuotantoa. Ne määrittävät sallitun tuotantomäärän tuotantoprosessin vaiheissa.

Tuotannon voi aloittaa työasemalla, kun vapaana on sekä tuotantokortti että kysyntäkortti. PAC-menetelmän toimintaperiaatetta on havainnollistettu kuvassa 19, jossa eri korttien kulkeminen eri prosessin osien välillä näkyy.



Kuva 19. PAC-menetelmän toimintaperiaate korttien avulla (González-r et al. 2012).

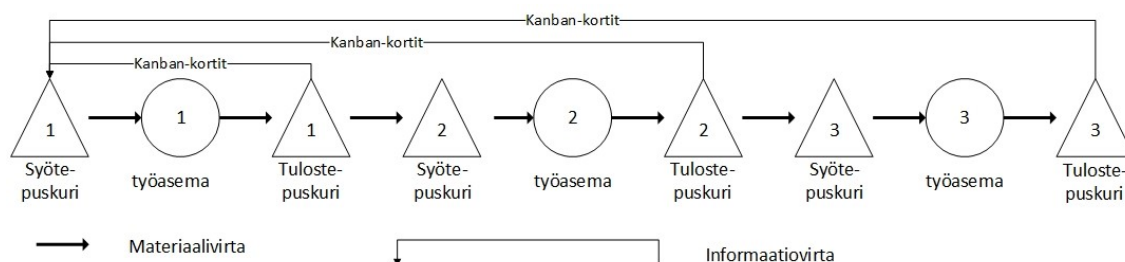
PAC-menetelmässä tarvitsee määrittää kolmen eri parametrin arvot eli kolmen käytetyn korttien määrät (Liberopoulos & Dallery 2000). Kysyntäkorttien määrä vaikuttaa kysynnän siirtämisen nopeuteen. Tuotantokorteilla rajoitetaan keskeneräistä tuotannon määrää vaiheiden välillä. Kuljetuskorteilla taataan materiaalin oikea-aikainen saatavuus työasemalle. (González-r et al. 2012)

PAC-menetelmän etuna on tuotannon aikaviiveiden vähentyminen. Tämä on saavutettu kontrolloimalla kysyntä- ja kuljetusinformaatiota sekä keskeneräisen tuotannon määrää. (Liberopoulos & Dallery 2000) Jos systeemissä työstettävien komponenttien siirtäminen aiheuttaa aikaviiveitä, auttaa kuljetuskorttien käyttäminen estämään kyseisten viiveiden syntymistä. Kuitenkin useammasta määritettävästä parametrin arvosta johtuen on PAC-menetelmä työläs implementoida käyttöön.

Generic Kanban

Generic Kanban -menetelmässä tuotannonohjaukseen hyödynnetään ensimmäisestä tuotantoprosessin vaiheesta ja muihin tuotantoprosessien vaiheisiin kulkevia kanban-kortteja (González-r et al. 2012). Kanban-kortit palautuvat jokaisesta vaiheesta ensimmäiseen vaiheeseen kertoakseen, että vaihe on valmis aloittamaan uuden työn. Menetelmän toiminta perustuu tuotantoprosessin ensimmäisen vaiheen ohjaamiseen. Ensimmäinen vaihe voi aloittaa tuotantonsa vain, jos jokaisesta muusta tuotantoprosessin vaiheesta tullut kanban-kortti on vapaana. (Thürer et al. 2016) Jokainen tuotantoprosessin vaihe antaa hyväksyntänsä ensimmäisen vaiheen tuotannon aloittamiselle kanban-kortin avulla (Chang & Yin 1994). Kanban-kortit ovat menetelmässä yleisiä eli kortteja ei ole merkitty komponentti-kohtaisiksi, vaan kaikki komponentit käyttävät samoja kortteja. Tämän seurauksena vapautuneella kanban-kortilla voi tehdä mitä tahansa tuotetta tai osakomponenttia. (Thürer

et al. 2016) Muut työasemat ensimmäistä lukuun ottamatta toimivat työntöohjauksen periaatteiden mukaisesti voidaan aloittaa uuden työn sen ollessa tulossa asemalle (González-r et al. 2012). Menetelmän toimintaperiaatetta esitellään kuvassa 20.



Kuva 20. *Generic kanban -systeemi muunnelman toimintaperiaate (González-r et al. 2012).*

Generic Kanban -menetelmän toimivuus riippuu säädetyistä kanban-korttien lukumäärien arvoista. Töiden aloittaminen ja keskeneräisen tuotannon määrän säätö tapahtuu määriteltujen korttien lukumäärien perusteella. (Chang & Yih 1994)

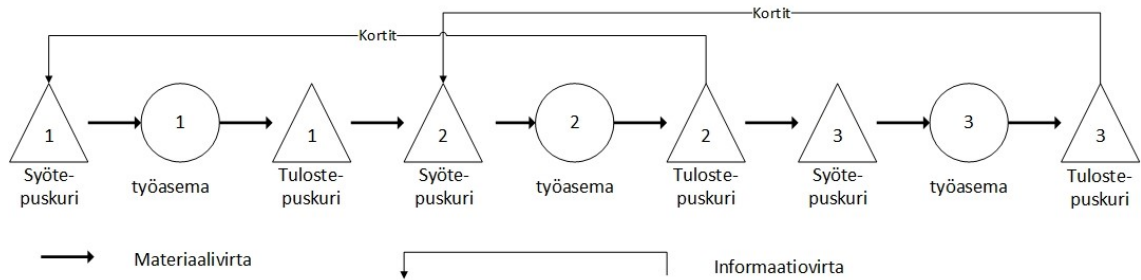
Generic Kanban -menetelmä on toimivin ison variaation tuotantoon. Variaatiota voi esimerkiksi olla kysynnässä tai prosessointiajoissa. Menetelmän avulla voidaan välttyä yli-tuotannolta, sillä tuotannon aloittamista säädellään siten, että uutta työn aloittamiseen huomioidaan jokaisen prosessin vaiheen tila. (Thürer et al. 2016) Menetelmän toimivuuden haasteena on osata määrittää kanban-korttien lukumäärä oikealla tavalla sujuvan tuotannon saavuttamiseksi (Chang & Yih 1994).

POLCA

POLCA-menetelmässä (Paired-cell Overlapping Loops of Cards) tuotannonohjaus tapahtuu päällekkäisten solujen sisällä. Solut muodostetaan hyödyntämällä tuoteperheiden yhteneväisiä reittejä tuotannossa. Solut muodostavat POLCA-korttien kulkureitit keskeneräisen tuotannon kontrolloinniksi. (González-r et al. 2012) POLCA-kortit ovat yleisiä kaikille tuotantosolun tuotteille. Korttien avulla viestitään, että jokin prosessissa olleista töistä on valmistunut ja tuotantosoluun voidaan ottaa uusi työ tehtäväksi. Menetelmän toimintaa on havainnollistettu kuvassa 21.

POLCA-menetelmä hyödyntää myös MRP-järjestelmää. (Thürer et al. 2016) Töiden aloittamista säädellään vain ensimmäisessä solun vaiheessa. Työn aloittamiseksi ensimmäisessä solun osassa tarvitaan seuraavat asiat (Thürer et al. 2016):

1. Työasema pitää olla vapaana käytettäväksi.
2. Määritetty ajankohta aikaisimmaksi lähetyspäiväksi pitää olla saavutettu.
3. POLCA-kortti joka menee kyseisen aseman A ja viimeisen solun aseman B välillä pitää olla vapaana.



Kuva 21. *POLCA-menetelmän toimintaperiaate (González-r et al. 2012).*

POLCA-menetelmän toimimiseksi tarvitsee valita korttien kulkureittien solut sekä korttien lukumäärä eri solujen sisällä. Solujen muodostamiseksi huomioidaan tuoteperheet, jotta yhtenäiset tuotannon kulkureitit löydetään. (González-r et al. 2012) Lisäksi menetelmän toimimiseksi käytössä tarvitsee olla MRP-järjestelmä, jotta se pystyy valitsemaan tehtävän työn (Thürer et al. 2016).

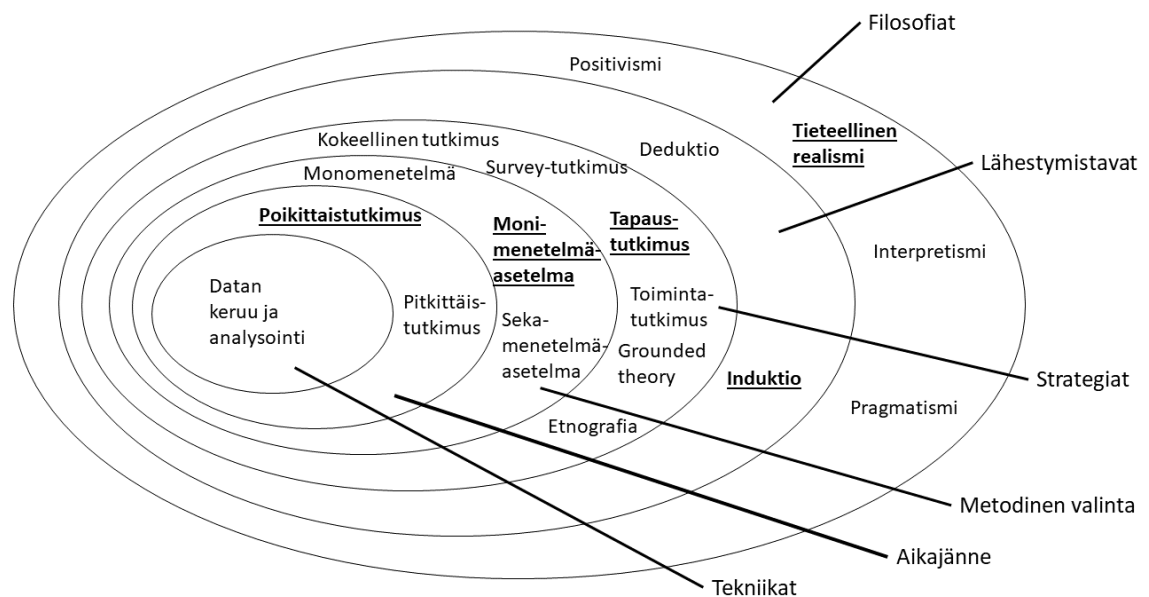
Menetelmä soveltuu suuren kysyntävaihtelun tuotantoon, joka voi hyödyntää MRP-järjestelmää toiminnassaan (González-r et al. 2012). Riittävän helposti toteutettavat tuotannon reititykset ovat ehtona menetelmän toimimiseksi. Tuotannon tasoittamisessa POLCA-menetelmä ei auta, joten se ei ole soveltu suuren prosessiaikavaihtelun tuotantoprosesseihin. (Thürer et al. 2016)

4. TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO

Tämä luku kertoo tutkimuksessa tehdyt tutkimukselliset valinnat sekä käytetyt aineistot. Luvun avulla selvennetään, miten tutkimuskysymyksiin etsittiin vastauksia. Luku alkaa esittelemällä tutkimuksessa tehtyjä metodologisia valintoja luvussa 4.1. Käytettyjä aineistoja ja sen analysointitapoja esitellään luvussa 4.2. Tutkimuksen aikataulu esitellään luvun lopuksi luvussa 4.3.

4.1 Tutkimuksen metodologiset valinnat

Tieteelliseen tutkimukseen kuuluu esittely tutkimuksen tekotavoista, jotta lukija pystyy helpommin arvioimaan tehdyn tutkimuksen luotettavuutta (Saunders et al. 2009). Tutkimustavan soveltuvuuden eri tutkimuksiin määräytyy tutkimuksen kontekstista ja tavoitteista (Saunders et al. 2009, s. 108). Saunders et al. (2009) kuvaa tutkimuksellisia valintoja ”tutkimussipulin” avulla. Tämän työn tutkimuksellisia valintoja on esitetty kuvassa 22 alleviivattuina ja korostettuina kyseisestä mallia soveltamalla.



Kuva 22. *Tutkimuksen metodologiset valinnat (Saunders et al. 2009, s. 108).*

Valittu tutkimusfilosofia paljastaa, millä tavalla tutkija havainnoi ympärillä olevaa maailmaa tutkimustaan varten (Saunders et al. 2009, s. 108). Valitussa filosofiassa, tieteellisessä realismissa, lähtökohtana on objektiivinen, faktapohjainen näkemys maailmasta. Tieteellisellä realismilla toimittaessa valitaan datankeruuun menetelmät ja tekniikat ta-

pauskohtaisesti ja pyritään saamaan riittävän luotettavaa faktaperusteista tietoa tutkimuksen kontekstin selvittämiseksi. (Saunders et al. 2009, s. 108) Tieteellinen realismi sopii parhaiten tämän työn tekijän omaan näkemykseen, joten se on tutkimuksen filosofia.

Lähestymistavaltaan kyseessä on induktiivinen tutkimus. Toimintaympäristössä tapahtuvat asiat toimivat tutkimuksen lähtökohtana. Tapahtumat toimintaympäristössä ovat tutkimuksessa tarkastelussa. Erityisesti induktiivinen lähestymistapa on hyvä, kun halutaan saada hyvä ymmärrys toimintaympäristöstä. (Saunders et al. 2009, s. 127). Induktiivisessä tutkimuksessa tapahtuu datan keräämisen aikana analyysia mallin, syy-yhteyksien, johdonmukaisuuksien ja yhteneväisyyksien muodostamiseksi, joiden avulla ilmiötä yritetään selvittää (Cavaye 1996). Koska tässä työssä on havainnoinnin avulla tarkoitus kehittää toimintaa, valinta induktiivisesta tutkimuksesta on perusteltua.

Työssä käytetään monimenetelmäasetelmaa työn metodisena valintana. Tutkimuksessa on käytetty useampaa kuin yhtä laadullista tutkimustapaa: haastattelututkimusta sekä laadullista havainnointia, joten kyseessä monimenetelmällinen kvalitatiivinen tutkimus. Useampaa menetelmää käytettäessä voidaan puhua triangulaatiosta, jolla tarkoitetaan useamman eri aineiston ja menetelmän yhdistämistä tutkimuksen validiteetin parantamiseksi (Jick 1979). Tutkimuksessa on hyödynnetty myös yrityksen tietojärjestelmistä saatua numeerista dataa, joten tutkimuksessa on myös kvantitatiivisia piirteitä.

Työssä käytettävä tutkimusstrategia on tapaustutkimus. Tutkimusstrategialla tarkoitetaan suunnitelmaa, jonka avulla tutkija aikoo löytää vastaukset tutkimuskysymyksiin (Saunders et al. 2009). Tapaustutkimuksessa muuttujia tutkitaan niiden luonnollisessa ympäristössä sekä käytetään vähintään yhtä kvalitatiivista tutkimusmenetelmää datan tutkimiseen. Tapaustutkimuksen vahvuutena on se, että sen avulla pystytään tutkimuksen ilmiötä käsittelemään yksityiskohtaisesti ja monipuolisesti todellisessa ympäristössä. (Cavaye 1996) Edellä mainittujen asioiden takia tapaustutkimus on hyvä tapa tutkia yhden yrityksen toimintaympäristön ilmiötä.

Ajallisesti kyseessä on poikittaistutkimus. Tässä diplomityössä tutkitaan tiettyä hetkenä vallitsevaa tilaa yhdessä yrityksessä. Näin ollen tutkimuksen avulla saadaan käsitys ilmiöstä työn toteutushetkellä.

4.2 Aineisto, menetelmät & aineiston analyysi

Diplomityössä käytettyjä tiedonkeruumenetelmiä olivat osittain strukturoitu haastattelututkimus, epäviralliset haastattelut ja havainnointi sekä havainnointitutkimus. Kyseisten menetelmien avulla muodostettiin käsitys tämän hetkisestä ongelmista ja kehityskohteista yrityksessä.

Nykytilan analysointi toteutettiin mainittujen tiedonkeruumenetelmien avulla. Analysointi aloitettiin epävirallisten haastatteluiden ja havainnoinnin avulla, joiden perusteella

muodostettiin peruskuvaa yrityksen nykytilasta ja kehityskohteista. Epävirallisen havainnoinnin ja haastatteluiden perusteella muodostettiin kuva yrityksen informaatio- ja materiaali-prosessista sekä muovikomponenttien valmistusprosessista.

Tutkimuksen alkuvaiheessa hyödynnettiin yrityksen tietojärjestelmän, Maestron, tietoja, jotta saatiin kuvaa muovipuolen nykytilan tuotantomääristä. Maestrosta hyödynnettyjä tietoja olivat vuoden 2017 myyntimäärät sekä eri tuotteiden tuoterakenteet. Kyseisiä tietoja käytettiin, jotta saatiin muodostettua eri muovikomponenttien vuoden 2017 kuukausittainen kappalemenekki.

Tutkimuksessa toteutettiin havainnointitutkimus nykytilan analysoimiseksi koneiden yhteyteen sijoitettujen havainnointilomakkeiden avulla. Havainnointitutkimus toteutettiin sekä muovipuolella että prosessin seuraavassa vaiheessa, harjastuspuolella. Muovipuolella havainnoinnin tarkoituksena oli selvittää, miten muovipuoli saa tuotantosignaalin. Harjastuspuolen havainnoinnin tarkoituksena oli tutkia, millainen on harjastuskoneiden käyttöaste ja millainen on muovikomponenttien vaikutus harjastuskoneiden käyttöasteeseen. Havainnointitutkimuksen tavoitteena oli saada validia tietoa todellisista tapahtumista tuotannossa.

Havainnointitutkimus tehtiin hyödyntäen A4-kokoisia konekohtaisia havainnointilomakkeita, joihin tarkoituksena oli merkitä tuote- tai komponenttivaihdot. Lisäksi lomakkeeseen oli tarkoituksena merkata, jos kone ei ollut käytössä. Lomakkeen laatimiseksi sovellettiin ohjeita hyvin laaditusta lomakkeesta. Samoja perusohjeita sovellettiin haastattelulomakkeen suunnittelussa. Lomakkeen laadinnassa sovellettiin ohjeita hyvin laadituista haastattelukysymyksistä (Castillo-Montoya 2016, Saunders et al. 2009):

- keskittynyt ja tarkasti rajattu
- yksiselitteinen
- täyttäminen ei-riipu kontekstista
- nimenomaisesti määritelty
- perusteellinen ja kattava
- ei päällekkäisyyksiä jaottelussa
- helposti täytettävä ja käytettävä.

Havainnointitutkimuksen tavoite ja lomakkeen täyttäminen käytiin läpi palaverissa lomakkeiden täyttämistä vastaavien tuotannon työntekijöiden kanssa ennen datan keräämisen aloittamista. Palaverin perusteella lomakkeita vielä hieman muutettiin. Datan kerääminen toteutettiin maaliskuussa 2018 kolmen viikon aikana, jolloin työntekijät täyttivät havainnointilomakkeita töidensä ohella. Lomakkeet löytyvät liitteistä A ja B.

Datan keräämisen jälkeen diplomityössä toteutettiin osittain strukturoitu haastattelututkimus. Osittain strukturoitu haastattelututkimus on kvalitatiivinen haastattelututkimus,

jossa voidaan käydä läpi eri teemoja eri haastateltavien kanssa eikä haastattelukysymysten järjestyksen tarvitse olla ennalta määritellyn järjestyksen mukainen (Saunders et al. 2009, s. 320). Haastateltavana oli viisi tuotantoon ja tuotannonsuunnitteluun merkittävimmin osallistuvaa työntekijää. Haastatelluista yksi on yrityksen toimitusjohtaja, yksi vasta muovikomponenttien tuotannosta sekä kolme työskentelevät harjastuspuolella. Kyseiset viisi henkilöä vastaavat lähes kokonaan yrityksen tuotantoon liittyvistä päätöksistä, joten otannan katsottiin olevan tutkimuksen kannalta riittävä. Kaikki haastattelut toteutettiin toimistotiloissa ja haastattelut kestivät keskimäärin tunnin. Haastattelut nauhoitettiin ja litteroitiin, jotta haastatteluja pystyttiin analysoimaan tarkemmin. Haastattelut toteutettiin huhtikuun 2018 alussa. Haastattelussa käytetty haastattelukysymysrunko on liitteessä C.

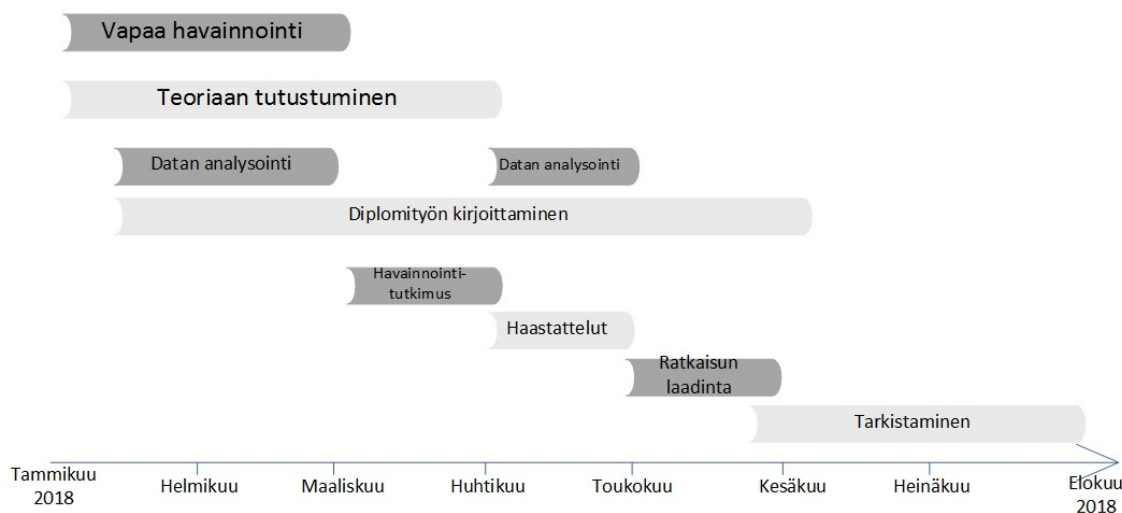
Haastatteluiden tarkoituksena oli selvittää tuotannon ja tuotannonohjauksen nykytilan ongelmia liittyen erityisesti muovikomponenttien tuotantoon. Teemana haastatteluissa oli myös yrityksen tämän hetkisen Kanban-ohjausjärjestelmän toimimattomuuden syiden selvittäminen. Haastatteluissa käsiteltiin neljänä pääteemana tausta, tuotannon ja tuotannonohjauksen nykytila, ongelmat sekä haasteet ja ideointi. Koska kyseessä oli osittain strukturoitu haastattelututkimus, kysymykset hieman vaihtelivat eri haastatteluissa, ja vastausten perusteella esitettiin erilaisia tarkentavia kysymyksiä.

Työn alussa on käsitelty kirjallisuuskatsaus, jossa teoriaa esittelemällä haetaan ideoita mahdollisiksi ohjaustavoiksi. Kirjallisuuskatsauksessa käytetyt artikkelit ja kirjat etsittiin hyödyntäen avainsanahakuja eri tietokantoista. Esimerkkejä käytetyistä avainsanoista ovat ”shop-floor control”, ”production planning control system”, ”production control policy” tai ”pull scheduling”.

Tietojen analysointia tapahtui Excel-ohjelmistoa hyödyntäen. Yrityksen tietojärjestelmästä, Maestrosta, kerättyä numeerista aineistoa muokattiin haluttuun muotoon Excel-ohjelman ominaisuuksia hyödyntäen. Myös havainnointitutkimuksen havainnot kirjattiin ensimmäiseksi Excel-ohjelmistoon. Havaintojen määrien perusteella muodostettiin käsitys vallitsevasta olotilasta.

4.3 Aikataulu

Tämä diplomityö toteutettiin vuonna 2018 aikajänteellä tammikuu 2018 – heinäkuu 2018. Diplomityön eri osioiden tekemisen sijoittumista diplomityön aikatauluun on nähtävissä kuvassa 23. Kuvasta 23 nähdään, että osittain tehdyt asiat menivät lomittain toistensa kanssa. Varsinkin diplomityön kirjoittamista tapahtui läpi koko diplomityön tekemisen. Vapaata havainnointi tapahtui koko diplomityöprosessin ajan, mutta se painottui alkuun.



Kuva 23. *Tutkimuksen aikataulu.*

Vapaa havainnointi tapahtui tammi – helmikuun aikana. Teoriaan tutustuminen ja kirjallisuuskatsauksen laatiminen tapahtuivat erityisesti tammikuusta maaliskuun loppuun. Tietojärjestelmästä johdetun datan analysointia tehtiin kahdesti: tammikuusta helmikuuhun ja toistamiseen huhti-toukokuun aikana. Diplomityötä kirjoitettiin tasaisesti läpi koko tutkimuksen ajan. Havainnointitutkimuksen suunnittelu, toteuttaminen ja analysointi tapahtuivat maaliskuun aikana. Osittain strukturoidut haastattelut suunniteltiin, toteutettiin ja analysoitiin huhtikuun aikana. Ratkaisuehdotuksen laatiminen painottui huhtikuun loppuun ja toukokuuhun. Diplomityön viimeisenä osiona oli työn tarkastaminen ja viimeistelemine kesä-heinäkuun aikana.

5. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tässä luvussa esitellään ja tarkastellaan yrityksen nykytilaa vapaan havainnoinnin, havainnointitutkimuksen ja haastatteluiden perusteella. Tämän luvun avulla on tarkoituksena löytää vastauksia useaan tutkimuksen alakysymykseen. Luku on jaettu seuraaviin osiin: Luvussa 5.1 käydään läpi yrityksen nykytilaa vapaan havainnoinnin ja tietojärjestelmästä olevien tietojen perusteella. Luvussa 5.2 käydään läpi toteutetun havainnointitutkimuksen ja haastatteluiden tuloksia. Luku 5.3 kokoaa yhteen havainnot nykytilan suurimmista ongelmista. Tämä luku päättyy muodostettujen muovikomponenttien kategorioiden esittelyyn luvussa 5.4.

5.1 Nykytilanne osaprosessiin liittyen

5.1.1 Tuotannon strategisia valintoja

Vapaassa havainnoinnissa ja haastatteluissa ilmeni joitakin tuotannon strategisia valintoja. Yrityksen tuotanto toimii varasto-ohjautuvasti, johon on päädytty historiallisesti toteamalla se toimivaksi ja asiakkaita riittävästi palvelevaksi toimintatavaksi. Kyseinen strateginen valinta on tehty myös siksi, että toimitusvarmuuden ja toimitusnopeuden nähdään olevan yrityksen menestymisen kannalta kriittisiä tekijöitä.

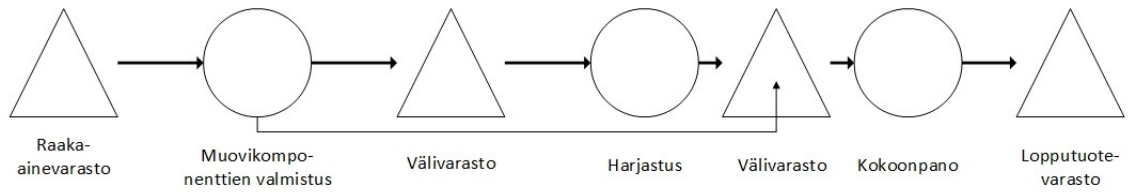
Tuotantomäärien määrittely ei ole ollut täysin systemaattista. Tuotantomäärän on ollut tarkoitus olla sellainen, että on valmistettu noin yhden kuukauden tarve kerralla. Kuitenkin pienimennekkisissä tuotteissa tätä ei ole pystytty toteuttamaan kysynnän vähäisyydestä johtuen. Pienemmän menekin tuotteissa on valmistettu pidemmän ajan tarve riittävän pitkän sarjan saamiseksi. Tuotantomäärät on tuotannossa valittu myös sillä perusteella, että tarkoituksena on ollut tehdä niin isoja eriä kuin mahdollista. Tämä valintaperuste on ollut käytössä sen takia, että vaihtojen määrä on haluttu saatavan mahdollisimman pieniksi samalla mahdollistaen toiminnan tehokkuuden.

5.1.2 Yrityksen materiaali- ja informaatioprosessi

Harjojen valmistus etenee tehtaalla vaihteittain. Tutkimuksen kohdeprosessi, muovikomponenttien valmistus, on ensimmäinen tuotantoprosessin vaihe. Tuotantoprosessin vaiheet ovat järjestyksessä ensimmäisestä viimeiseen:

- muovikomponenttien valmistus
- harjastus
- kokoonpano
- lopputuotevarasto

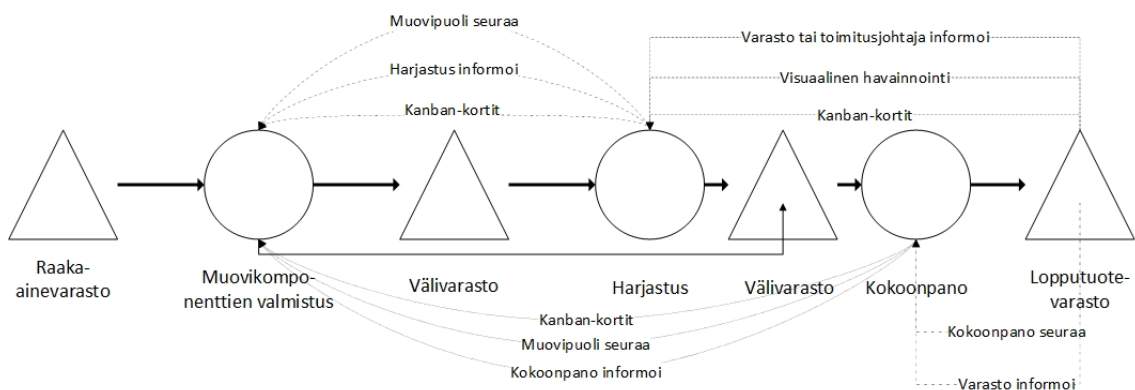
Materiaaliprosessin vaiheita on esitetty kuvassa 24, jossa myös näkyy käytetyt väli-varastot.



Kuva 24. Koko yrityksen materiaaliprosessi muovikomponenttien osalta vaiheittain esitettynä.

Materiaaliprosessi alkaa muovikomponenttien valmistusvaiheesta. Osa tuotteista on puuvarrellisia, jolloin valmistusprosessi alkaa harjastusvaiheesta. Puuvarret ovat alihankittavia komponentteja. Muovikomponentit voivat olla heti valmiita osakomponentteja tai ne voivat toimia harjan runkoina, jolloin ne harjastetaan harjapuolella eli muovirunkoihin liitetään kiinni harjakset. Kuvassa 24 nähdään, että muovikomponentit voivat siirtyä joko harjastuspuolelle tai kokoonpanopuolelle. Osa harjastettavista tuotteista menee sellaisenaan myyntiin, jolloin ne pakataan jo harjastusvaiheessa myyntipakkauksiin. Tällöin harjastetut kappaleet toimitetaan suoraan harjastuksesta lopputuotevarastoon. Osaan harjastettavista tuotteista kuuluu myös muita osia, jolloin harjastetut osat toimitetaan kokoonpanoon lopputuotteen kasaamiseksi. Kokoonpanovaiheesta valmiit lopputuotteet siirretään lopputuotevarastoon.

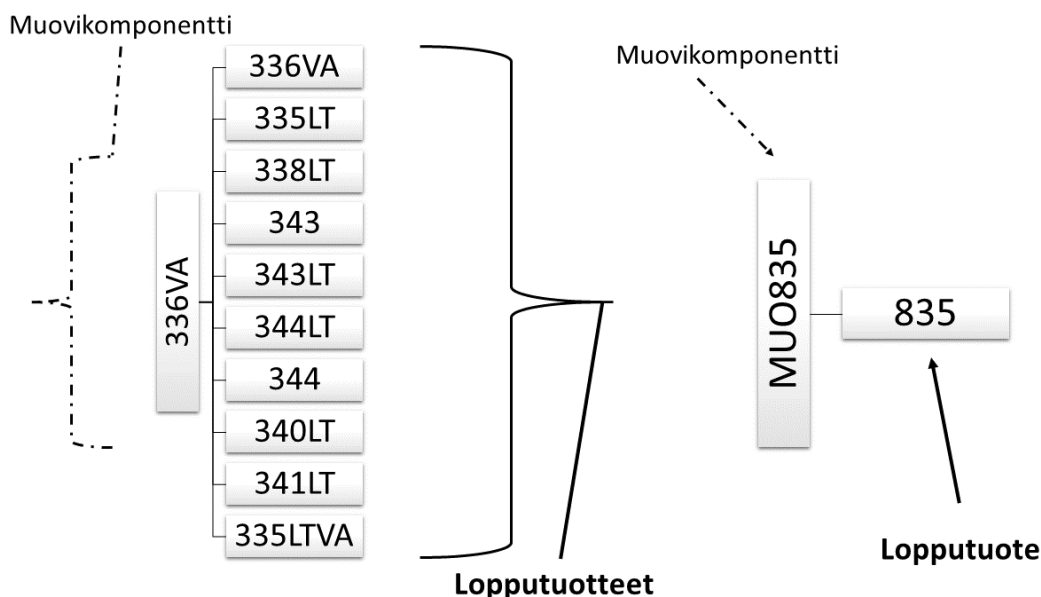
Yrityksen informaatiovirtaa on havainnollistettu kuvassa 25. Yrityksessä on ollut käytössä Kanban-menetelmään perustuva tuotannonohjaustapa. Kuitenkin Kanban-perusteisessa ohjauksessa ilmenneiden puutteiden takia informaation siirtyminen eri tuotantoprosessin vaiheiden välillä on muuttunut monimutkaisemmaksi. Kysyntäinformaatiota voi siirtyä tällä hetkellä kanban-korttien, näköhavaintojen tai puheen perusteella eri tuotantoprosessin vaiheiden välillä.



Kuva 25. Informaation siirtymistavat tuotantoprosessin vaiheiden välillä.

5.1.3 Muovikomponenttien valmistamismäärät

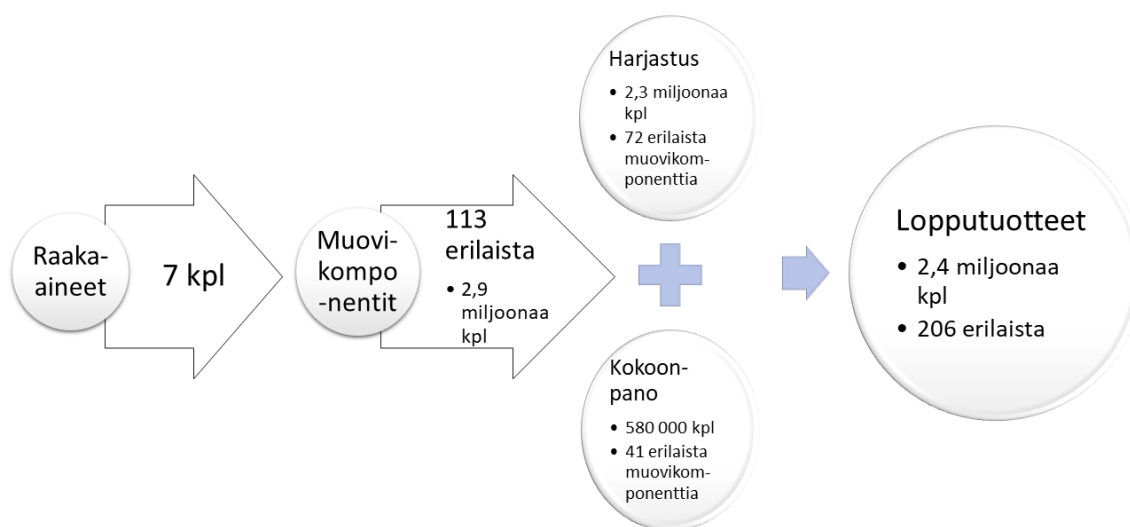
Muovikomponenttien menekki voi muodostua yhden lopputuotteen menekistä tai monen lopputuotteen menekkien yhteissummasta. Yrityksen muovikomponenteista osasta valmistetaan vain yhtä lopputuotetta, mutta osa komponenteista kuuluu useampaan lopputuotteeseen. Muovikomponentista valmistettaessa montaa lopputuotetta voidaan sanoa komponentin kysynnän olevan vertikaalisesti riippuvaista. Asiaa on selkiytetty kuvan 26 avulla, joka kuvaa kahden eri muovikomponentin kuulumista eri lopputuotteisiin.



Kuva 26. Kahden eri muovikomponentin sisältyminen eri lopputuotteisiin.

Muovikomponentin sisältyessä useampaan lopputuotteeseen muovikomponenttia voidaan myydä eri tuotelajitelmissa. Tällöin on kyseessä erilaisten komponenttien yhdessä muodostama lopputuote. Esimerkiksi kuvassa 26 olevaa muovikomponenttia 336VA myydään sellaisenaan omana tuotteenaan. Komponenttia myydään myös erilaisten harjojen kanssa yhdistelmänä. Tämän seurauksena muovikomponentti 336VA kuuluu kymmeneen eri lopputuotteeseen ja sen menekki on kyseisten kymmenen lopputuotteen menekkien summa. Tuotannonsuunnittelua monimutkaistaa useiden muovikomponenttien lopputuotteet, sillä kaikkien lopputuotteeseen kuuluvien muovikomponenttien on oltava valmiina lopputuotteen toimittamiseksi. Toisessa ääripäässä on muovikomponentti MUO835, jota myydään vain yhdessä lopputuotteessa. Todellisuudessa sitä myydään useammassa eri väri vaihtoehtossa, mitä kuvan 26 tarkastelu ei ota huomioon.

Muovikomponenttikohtaisten menekkien selvittämiseksi hyödynnettiin vuoden 2017 (1.1.2017-31.12.2017) lopputuotteiden menekkitietoja ja lopputuotteiden tuoterakenteita. Muovikomponenttien, harjastuksissa ja kokoonpanossa olevien muovikomponenttien määriä ja lopputuotteiden välistä yhteyttä on havainnollistettu kuvassa 27.

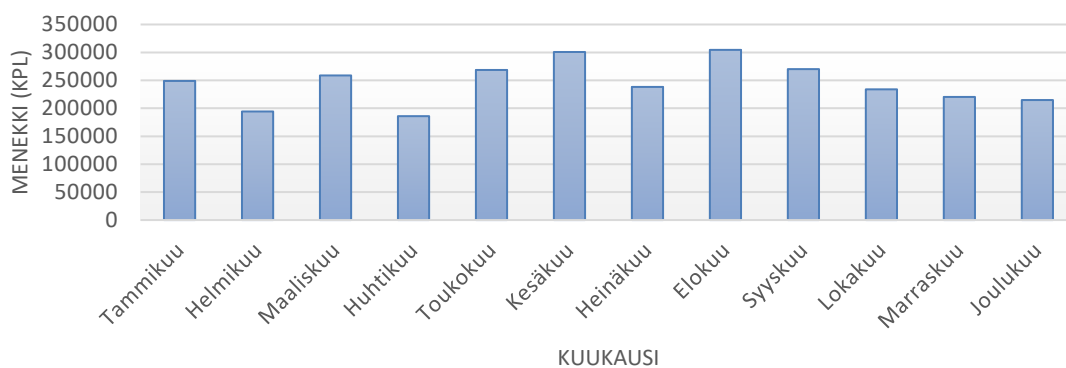


Kuva 27. Raaka-aineiden, muovikomponenttien ja lopputuotteiden väliset yhteydet vuonna 2017.

Kuvasta 27 nähdään, että suhteellisen pienestä määrästä raaka-aineita valmistetaan moninkertainen määrä eri muovikomponentteja, joiden vuotuinen kappalemääräinen menekki on suuri. Suurin osa muovikomponenteista menee harjastuspuolelle harjastettavaksi, mutta noin 20 % muovikomponenteista menee suoraan kokoonpanopuolelle eri lopputuotteisiin koottavaksi.

Tuotevariaatioiden suuri määrä selittää erilaisten lopputuotteiden melkein kaksinkertaisen lukumäärän eri muovikomponenttien lukumäärään verrattuna. Pienempi kappalemääräinen lopputuotteiden menekki muovikomponentteihin verrattuna johtuu myös tuotevariaatioista, sillä yhteen lopputuotteeseen voi kuulua useampi muovikomponentti. Monitukaisuutta tarkasteluun tuo värivaihtoehtojen huomioiminen. Todellisuudessa erilaisten valmistettavien muovikomponenttien määrä on suurempi kuin 113 erilaista, jos eri värivaihtoehdot huomioidaan tarkastelussa.

Tuotteiden kysyntä on suhteellisen tasaista kuten kuvassa 28 näkyy. Osassa yrityksen tuotteista on kausivaihtelua kysynnässä, mikä osittain selittää menekin kasvamista kesäkuukausina. Lisäksi yrityksen tehdessä myyntikampanjoita saattaa se aiheuttaa kysynnän heilahtelua kuukausittain. Toisaalta kysyntä usean tuotteen osalta on hyvin tasaista.

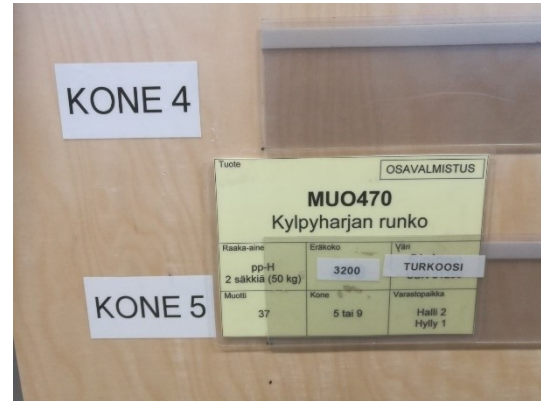


Kuva 28. *Muovikomponenttien kokonaismenekki kuukausittain vuonna 2017.*

Vuonna 2017 myytyjen muovikomponenttien valmistamismäärät koottiin Excel-taulukoon analysoitavaksi. Kyseistä taulukkoa hyödynnettiin analysoitaessa 113 eri muovikomponentin menekkien käyttäytymistä. Tarkemmin analyysistä tehtyjä huomioita käsitellään luvussa 5.4.

5.1.4 Tuotannonohjausprosessin nykytila muovipuolella vapaan havainnoinnin perusteella

Vapaan havainnoinnin perusteella vaikuttaa siltä, että tuotantoa ohjataan useammalla eri tavalla. Periaatteessa käytössä on vuonna 2008 luotu Kanban-tuotannonohjausmenetelmä. Kuitenkaan todellisuudessa kanban-kortit eivät ole olleet aktiivisessa käytössä. Asia ilmenee myös kuvasta 29 nähtävästä muovikomponenttipuolen kanban-ohjaustaulusta sekä muovipuolen kanban-kortista. Tuotanto vaikuttaa toimivan enemmän työntekijän kokemuksella ja suullisella informaatiolla kuin kanban-korttien avulla.



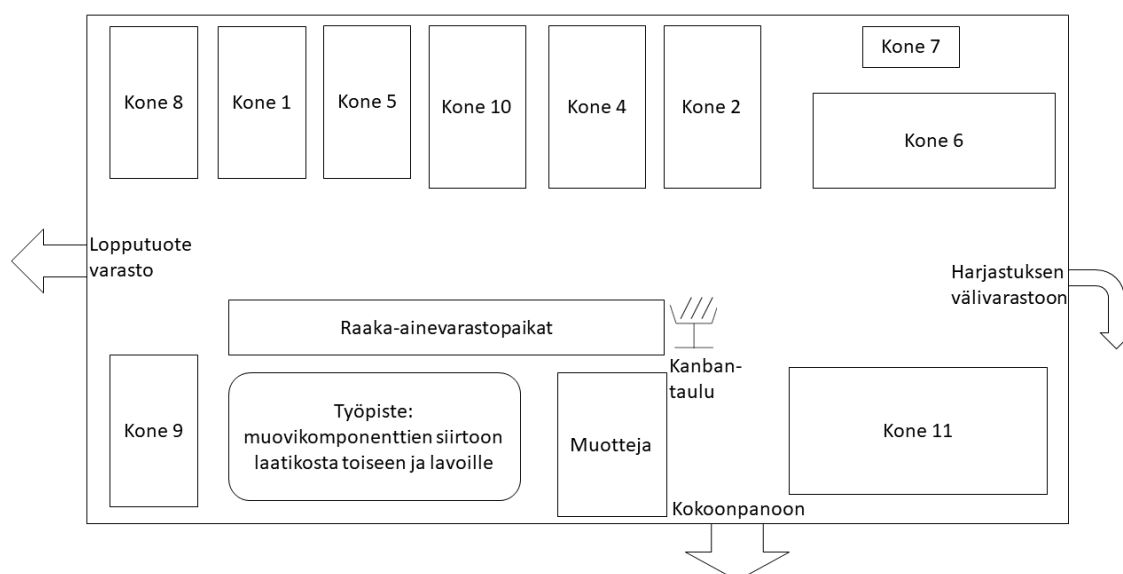
Kuva 29. Vasemmalla muovipuolen kanban-korttitaulu ja oikealla yksittäinen kanban-kortti.

Suurimenekkisiä astiaharjojen muovirunkojen tuotannonohjauksessa hyödynnetään supermarket-tyylistä ratkaisua. Supermarket-tyylinen ratkaisu toimii astiaharjojen runkojen määrän menekin selkeänä visuaalisena seuraamisena. Tarkkailemista helpottaa selkeästi määritellyt vakiohyllypaikat astiaharjarungoille ja varastopaikkojen sijainti harjastuskoneiden välittömässä läheisyydessä. Muovipuolen laitosmies tarkkailee astiaharjarunkojen menekkiä seuraamalla päivittäin kyseisiä hyllypaikkoja ja tekee valmistuspäätökset astiaharjoista seuraamisen perusteella. Yksi muovipuolen koneista on jyvitetty vain kyseisten astiaharjojen valmistukseen. Kuvassa 30 on supermarket-ratkaisu esitettyinä. Menekin seuraaminen tapahtuu tarkkailemalla jokaisen eri muovikomponentin ja eri värin on kolmea päällekkäistä hyllypaikkaa.



Kuva 30. *Supermarket-tyyliset visuaalisesti ohjattavat muovikomponenttien hyllyt.*

Muovipuolen toimintaa pyörittää pitkälti yksi työntekijä. Hänen vastuullaan on hoitaa kaikki käytössä olevat kymmenen muovikomponenttien valmistukseen tarkoitettua konetta. Koneiden pyörittämisen ja vaihtojen lisäksi sama työntekijä vastaa muovipuolella tuotannonsuunnittelusta. Hän muodostaa tuotantosuunnitelman itsenäisesti merkitsemättä sitä mihinkään, minkä avulla muovikomponenttia valmistava kone päätetään. Koneen valintaa rajoittaa se, ettei komponenttia välttämättä voida tehdä jollakin koneella muotista, komponentin koosta, valmistusohjelman puuttumisesta tai koneen kuormituksesta johtuen. Tuotannonsuunnittelua rajoittaa myös työntekijän komponenttivaihtoon kuluva aika: muotinvaihtamiseen saattaa kulua muiden töiden ohella puolikin työpäivää, joten vaihtoja ei voi olla useita samana päivänä. Komponenttivaihtojen määrää on rajoitettu, jotta saavutetaan muun tuotannon osalta riittävän tehokas ja laadukas toiminta. Muovipuolen pohjaratkaisu ja koneiden sijainnit on esitetty kuvassa 31.



Kuva 31. Muovikomponenttien valmistuspuolen pohjaratkaisu.

Koneita muovipuolella on käytössä kymmenen kappaletta. Koneet pystyvät toimimaan myös ilman työntekijän valvontaan niin kauan kuin kuljetuslaatikoita riittää komponenttien varastointia varten. Yksi koneista (kone 9) on tarkoitettu vain rouhittua materiaalin työstämiseen. Kone 7 on pienikokoinen kone, jolla pystyy valmistamaan vain pienikokoisia muovikomponentteja. Kuitenkin muovikomponentteja voidaan pääsääntöisesti valmistaa useammalla eri koneella.

5.2 Tulokset havainnointitutkimuksesta ja haastatteluista

5.2.1 Muovipuolella toteutetun havainnoinnin tulokset

Muovipuolen havainnoinnissa tutkittavana oli informaation kulku muovipuolelle. Tietojen kirjaamisesta vastasi muovipuolen työntekijä, joka kirjasi tiedot muovipuolen kymmenen koneeseen kiinnitettyyn lomakkeeseen komponenttivaihdon yhteydessä. Havainnointijakson aikana tehtiin yhteensä 19 kappaletta muovikomponenttien vaihtoja, joista suurimman osan muovipuoli suoritti täysin itsenäisesti saamatta valmistustarveinformaatiota seuraavalta prosessin vaiheelta. Muovipuolen kahden viikon pituisen datan keräämisjakson tulokset ovat koottuna taulukkoon 4.

Suurin osa tehdyistä komponenttivaihdoista tapahtui itsenäisesti. Nimittäin jopa yli 84 % vaihtopäätöksistä tapahtui muovipuolen omasta valinnasta. Eräkoon valinnan muovipuoli suoritti lähes kokonaan itse. Vain yhden kerran tuotantopäätös tehtiin kanban-kortin avulla tulleeeseen informaation perustuen. Kuitenkin muovipuoli tuntuisi pystyvän toimimaan melko hyvin, koska yhtään aloitettua sarjaa ei jouduttu keskeyttämään datankeruun

aikana. Muovipuolen eräkoot vaihtelivat 500 – 10 000 kappaleen välillä tiedonkeruun aikana.

Taulukko 4. *Muovipuolen valmistamien komponenttien vaihtokerrat tuotantosignaalin ja tuotantomäärän lähteisiin jaoteltuina datankeruuissa.*

	Muovipuoli (kpl)	Harjastus (kpl)	Kanban- kortti (kpl)	Keskeytyneet sarjat (kpl)
<i>Informaation- lähde valmistuk- sen aloittamiseen</i>	16	2	1	0
<i>Informaation- lähde eräkokoon</i>	18	0	1	

Toteutetusta muovipuolen havainnointitutkimuksesta voidaan havaita joitakin sen luotettavuutta heikentäviä piirteitä. Datan keräämisen ajanjakson pituus oli melko lyhyt. Muovipuolella on melko suuret eräkoot, minkä seurauksena osalle koneista vaihtoja ei tullut kuin 0-2 kappaletta. Tämä pienentää jonkin verran datan keräämisestä saatujen tietojen validiteettia, koska kaikilla koneilla ei saatu useammasta vaihdosta tietoa havainnoinnin aikana. Kuitenkin ajanjakson aikana vaihtoja tapahtui lähes 20 kertaa, jonka voi olettaa olevan normaali määrä vaihtoja kyseisenä ajanjaksona pitkistä sarjoista johtuen. Toisaalta havaintojen määrän vähyys ei välttämättä ole kovin merkityksellinen. Havainnoinnissa ei ollut tarkoituksena kerätä tarkkoja tietoja, vaan selvittää informaationlähteitä yleisesti. Havainnoinnin tuloksia voidaan pitää riittävän tarkkoina ja luotettavina kyseinen tavoite huomioiden.

Työntekijän rooli tiedonkeruulomakkeen täyttäjänä tuo epävarmuutta tulosten luotettavuuteen. Informaationlähde ei ollut välttämättä helposti selvillä tai työntekijä ei muistanut täyttää lomaketta heti vaihdon yhteydessä, joten tiedoissa voi esiintyä virheellisyyttä. Tähän luotettavuusongelmaan yritettiin puuttua jo ennakoon. Etukäteen käytiin yhteisesti työntekijöiden kanssa läpi lomakkeen täyttämistä sekä painotettiin tietojen lomakkeeseen täyttämisen tärkeyttä heti vaihdon yhteydessä. Täten kyseisen validiteettiongelman ei koeta olevan tulosten kannalta merkittävä.

Merkittävimpinä asioina datan keruusta voidaan päätellä nykyisen Kanban-järjestelmän toimimattomuus sekä huono informaation kulkeminen muovipuolelle. Prosessin seuraavasta vaiheesta ei siirry kysyntätietoja muovipuolen tuotannon suunnittelemiseksi, joten muovipuoli tekee valinnat komponenteista ja tuotantomäärästä itsenäisesti. Toisaalta informaatiopuutteista huolimatta muovipuoli vaikuttaa toimivan siedettävän hyvin, koska tuotantosarjoja ei jouduttu keskeyttämään kertaakaan havainnoinnin aikana.

5.2.2 Harjastuksen havainnoinnin tulokset

Tiedonkeruun tarkoituksena harjastuspuolella oli selvittää muovikomponenttien vaikutus harjastuksen käyttöasteeseen. Harjastuksen tiedonkeruussa tietojen merkitsemisestä havainnointilomakkeisiin vastasivat tuotannon laitosmiehet, jotka merkitsivät tuotevaihdon yhteydessä vaaditut tiedot koneen yhteyteen sijoitettuun lomakkeeseen. Havainnoinnin merkittävimpiä tuloksia esitetään taulukossa 5. Keräysjakson aikana tapahtui 34 tuotevaihtoa harjastuspuolella eikä kone ollut käytössä viitenä eri kertana.

Taulukko 5. *Harjastuskoneiden käytöstä ja tuotevaihtoista kerättyjen tietojen koonti.*

	Suunnitelman mukainen vaihto	Muovikomponentteja riittävästi	Keskeytyneet sarjat	Täsmällinen erä koko tiedossa	Kone ei käytössä
<i>Kpl-määrä</i>	22/30 kpl	17/18 kpl	3/32 kpl	12/34 kpl	5 kertaa
<i>Osuus</i>	73 %	94 %	9 %	35 %	20h* (98% käyttöaste)
<i>Syyt, ettei kone käytössä:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • koneen korjaus • koneongelma • kuitumateriaalin ongelma • osan vaihto koneeseen <p>* ei huomioitu laskentaan yhden koneen viikonpituista korjausta</p>				

Harjastuskoneiden käyttöaste näyttäisi olevan todella hyvä havainnoinnin perusteella. Taulukosta 5 ilmenee, että koneet eivät olleet käytössä 20 tunnin ajan. Olettaen päivittäisen 8 tunnin koneiden käyttöajan saatiin koneiden käyttöasteeksi 98 %. Tämän käyttöasteen laskemiseen ei ole huomioitu yhden koneen konerikkoa, ja siitä johtuvaa viikon pituista käyttötaukoa koneella. Koneiden käyttämättömyys johtui puuttuvista koneen osista, huonosta kuitumateriaalista ja konerikosta. Toteutetulla havainnointimenetelmällä ei kuitenkaan päästy täysin todellisiin käyttöasteisiin, sillä havainnoinnissa ei ole huomioitu tarkasti vaihtojen yhteydessä olevia seisokkiaikoja tai mahdollisia pienempiä huolto- tai vaihtotoimenpiteitä. Tästä johtuen todellinen käyttöaste lienee pienempi.

Muovipuoli ei vaikutta aiheuttavan ongelmia harjastuskoneiden käyttöasteiden korkeana pitämiselle. Havainnointijakson aikana raportoitiin yhden kerran 18 muovikomponenttien valmistuskerrasta, ettei muovikomponenttia ollut riittävästi koko suunnitellun tuotantoerän tekemiseksi. Lisäksi havainnointitutkimuksessa ei raportoitu kertaakaan harjas-

tuskoneen olevan käyttämättömänä muovikomponenttipuutteista johtuen. Kuten taulukosta 5 ilmenee, muovikomponentteja oli riittävästi harjastuksen tarpeisiin 94 % kerroista.

Käytetyllä tiedonkeruumenetelmällä ei päästy havainnoimaan yksiselitteisesti tuotannon suunnittelun mahdollista vaikeutumista muovikomponenteista johtuen. Esimerkiksi käytetyllä tiedonkeruutavalla ei selviä, jouduttiinko jonkin tuotteen harjastamista siirtämään muovikomponenttien puutteista johtuen. Tuotannonsuunnitteluvaiheen vaikeutumista muovikomponenttien saatavuusongelmista johtuen ei käytetty havainnointimenetelmä havaitse. Havainnointimenetelmäksi valittiin käytetty menetelmä sen takia, että havainnoinnin merkitseminen olisi yksiselitteisempää sekä havainnointilomakkeen täyttäminen olisi helpompi toteuttaa. Kyseinen ongelma tiedonkeruun osalta huomattiin vasta havainnoinnin jälkeen. Tästä johtuen havainnoinnista saatuihin tuloksiin liittyy luotettavuusongelmaa siinä, että kaikkea muovikomponenttien puutteista johtuvia lisätoimia ei välttämättä havaittu.

Tuotantosuunnitelman mukaisen toiminnan toteuttamisessa vaikuttaa olevan hankaluuksia harjastuspuolella. Taulukosta 5 myös ilmenee, että tuotantosuunnitelmaan jouduttiin tekemään vaihdoksia erilaisista syistä johtuen. Harjastuspuolella tuotantosuunnitelman mukaisia vaihtoja oli 73 % vaihtokerroista, ja tehdyistä tuotantosarjoista keskeytyi 9 %. Laitosmiehet kertoivat vaihdon suunnitelmanmukaisuuden arvioinnin hankalaksi. Arvioinnissa vaikeaksi koettiin tietää, mihin tuotantosuunnitelmaan perustuen vaihdon suunnitelmanmukaisuutta kuuluisi arvioida. Tämän takia kyseiseen havaintoon liittyy epävarmuutta, miten paljon raportoitu suunnitelmanmukaisuus vastaa todellisuutta. Kuitenkin jo pelkästään se, että joutuu pohtimaan suunnitelmanmukaisuutta, kertoo tuotantosuunnitelmassa pysymisen olevan jossain määrin hankalaa. Raportoimisen hankaluutta voi selittää myös se, ettei selkeää tuotantosuunnitelmaa ollut aina saatavilla.

Harjastuspuolella ei vaikuttanut olevan selvillä selkeästi tuotannon eräkokoja. Täsmällinen erä koko oli tiedossa vain noin kolmasosassa valmistuskerroista. Useamman kerran oli raportoitu eräkoon olevan epämääräisesti ”hyllyt täyteen”. Samoin suunniteltu erä koko oli jätetty useamman kerran kokonaan kirjaamatta. Yksi havainnointitutkimuksesta seurannut asia oli laitosmiesten mukaan se, että suunniteltuun eräkokoon alettiin kiinnittää enemmän huomiota. Havainnointilomakkeen täyttämiseksi vaadittiin tieto eräkoosta, jolloin tätä tietoa alettiin enemmän miettiä.

5.2.3 Haastatteluiden tulokset

Haastatteluiden tarkoituksena oli saada selville suurimpia koettuja ongelmia erityisesti tuotantoon ja tuotannonohjaukseen liittyen muovipuolen näkökulmasta. Käsittelyssä oli myös nykyinen kanban-järjestelmä. Haastattelut pidettiin yrityksen tiloissa ja kaikki haastattelut äänitettiin ja litteroitiin tarkempaa analysointia varten. Haastattelut toteutettiin

osittain strukturoituina ja niissä käytettiin neljänä teemana taustaa, tuotannon ja tuotannonohjauksen nykytilaa, ongelmia sekä haasteita ja ideointia. Käytetty haastattelulomake löytyy liitteestä C.

Yrityksen kilpailutekijöistä haastatelluilla oli lähes yhtenäinen mielipide. Tärkeimpinä kilpailutekijöinä esille nousivat yrityksen toimitusvarmuus ja -nopeus, muuntautumis- tai sopeutumiskyky, joustavuus sekä laatu. Haastattelujen perusteella koko tuotannolla vaikuttava yhtenäinen käsitys, mitkä asiat ovat tärkeitä yrityksen menestymisen kannalta.

Haastateltavat antoivat melko samantyyllisiä vastauksia yleisimmistä ongelmista. Kaikki haastateltavat nimesivät ongelmalliseksi huonon informaation kulkemisen ja laatuongelmat. Taulukkoon 6 on koottuna haastatteluissa ilmi tulleet yleisimmät koetut ongelmat yrityksen tuotantoon ja sen ohjaukseen liittyen.

Taulukko 6. *Haastatteluissa ilmenneet ongelmat sekä niiden esiintymiset ja yhteys muovipuolen toimintaan.*

Koettu ongelma	Kaikissa	Osassa	Yhteydessä muovipuolen tuotantoon
<i>Huono informaation kulku</i>	✓		✓
<i>Laatuongelmat</i>	✓		✓
<i>Varastosaldoa ei tiedossa</i>		✓	✓
<i>Ei tietoa kiireellisyysasteesta</i>		✓	
<i>Henkilöresurssit</i>		✓	
<i>Saatavuusongelmat muovikomponenteissa</i>		✓	✓
<i>Tuotantomäärien epäselvyydet</i>		✓	✓
<i>Tiedot hankalasti saatavissa</i>		✓	✓

Havainnointitutkimuksen kanssa ristiriidassa oli joidenkin haastatelluiden mainitsema ongelma muovikomponenttien saatavuudessa. Havainnointitutkimuksen perusteella todettiin muovikomponenttien saatavuuden aiheuttavan mitättömästi ongelmia, mutta haastatteluiden perusteella saatavuuden koettiin aiheuttavan ongelmia. Asiaa voi selittää se, että haastatteluissa todettiin, että enää viime aikoina saatavuuspuutteita ei ollut ilmennyt yhtä usein kuin aikaisemmin. Kuitenkin kyseinen ongelma oli vielä jäänyt haastateltavien mieleen. Toinen mahdollinen selitys on se, ettei havainnointitutkimuksen piirteistä johtuen saatavuusongelmaa päästy havainnoimaan. Muovikomponenttien saatavuuden kerrottiin parantuneen sen jälkeen, kun yrityksessä oli otettu käyttöön myynnin ja tuotannon yhteiset palaverit informaation viestintään. Aikaisemmin saatavuusongelmasta oli saattanut esimerkiksi seurata se, että ennen kuin harjastuksen tuotantosuunnitelman pystyi tekemään, tarvitsi harjastuspuolen työntekijän käydä katsomassa muovikomponenttien varastotilanne.

Tiedonkulkemiseen nimettiin useita ongelmakohtia. Esimerkiksi ongelmat johtuivat liian usean informaation välitystavan käytöstä, selkeydyn puuttumisesta asioiden informoinnissa sekä informaatiopuutteista. Kaikki haastateltavat kokivat informaatiopuutteiden vaikeuttavan työn tekemistä. Haastatteluiden perusteella informaation kulussa ja siirtämisessä vaikutti olevan ongelmia koko yrityksen tasolla eikä ongelma pelkästään liittynyt muovipuoleen. Huonon informaation kulkemisen takia esimerkiksi muovipuolella todettiin tehtävän asioita oman rytmin mukaisesti. Valinnat valmistettavista tuotteista muovipuolella tehtiin tällä hetkellä noin 70 % oman arvelun ja kokemuksen perusteella menekistä.

Toinen kaikkien nimeämä haaste muovipuolelle oli laatu. Laatuhaasteet näkyivät esimerkiksi muovikomponenteissa tasalaatuisuuden puutteena eli erikokoisina runkoina. Seurauksena on ollut viikoittaista lisätyötä harjastuspuolella. Ongelmien ajateltiin johtuvan materiaaliongelmistä, väripigmenttiongelmistä tai lämpötilavaihtelusta johtuvista rungon koon vaihtelusta, kun iltaisin ja öisin lämpötila on muovipuolen tuotannossa eri kuin päivällä. Erääksi ongelmaksi laatuun liittyen nimettiin toleranssirajojen puuttuminen harjastuspuolelle menevistä muovikomponenteista. Laatuongelmat eivät kuulu tämän diplomi-työn laajuuteen, joten niiden käsittely jää tämän työn ulkopuolelle.

Epäselvyys selkeissä tuotantomäärissä ja tarvittavien tietojen löytämisessä koettiin ongelmalliseksi tuotannossa. Tarkkoja eräkokoja ei ollut tiedossa eikä niitä ollut päätetty, mikä tekee tuotannosta joustavaa mutta samalla haastavan toteutettavan. Tämän toimintatavan haastavuuden syynä saattoi olla esimerkiksi se, ettei tarvittavia tietoja tuotantomäärän päättämiseksi ollut saatavilla. Tarvittavat tiedot saattoivat olla olemassa, mutta niiden hakeminen esimerkiksi yrityksen tietojärjestelmästä koettiin liian vaikeaksi tai työlääksi.

Henkilöresurssit ja kiireellisyysasteen puuttuminen eivät ole suoranaisesti yhteydessä muovipuolelle, mutta ne koettiin ongelmallisina asioina liittyen harjastuspuolen tuotantoon. Henkilökuntapuutteet koettiin hankaloittavan tuotannonsuunnittelua useammassa haastattelussa, koska henkilöresurssit oli otettava huomioon tuotantoa suunniteltaessa. Kiireellisyysasteen tietäminen koettiin myös tärkeäksi, jotta osattaisiin valita tärkein työ seuraavana tehtäväksi harjastuspuolella. Haastatteluissa tuli esille esimerkiksi, että olisi hyvä luoda jonkinlainen kiireellisyystilanteen huomioiva priorisointijärjestelmä.

Haastatteluissa kyseltiin nykyisestä Kanban-järjestelmästä ja sen toimimattomuuden syistä. Taulukkoon 7 on koottuna haastatteluissa ilmenneet ongelmat nykyisessä kanban-järjestelmässä jaoteltuina ongelman esiintymiskertojen perusteella. Kaikki haastateltavat kokivat nykyisen Kanban-ohjausjärjestelmän kaipaavan päivitystä, jotta korteissa olevat tiedot saataisiin ajantasaisiksi. Lisäksi korttien hukkuminen tai katoaminen todettiin kaikissa haastatteluissa aiheuttavan ongelmia Kanban-menetelmän toimivuuden kannalta.

Taulukko 7. *Nykyiseen Kanban-järjestelmään liittyvät ongelmat haastatteluissa.*

Koetut ongelmat: nykyinen Kanban	kaikissa	osassa	yhdessä
<i>Kortit eivät ajantasaiset</i>	✓		
<i>Kortteja hukunut</i>	✓		
<i>Ylläpito laiminlyöty</i>		✓	
<i>Korttien fyysinen kulkeminen toimimaton</i>		✓	
<i>Selkeän ohjeistuksen puuttuminen</i>		✓	
<i>Tieto vajaasta lavasta ei siirry, jos kaikkea ei harjas-</i>		✓	
<i>Käyttöaste ei riittävä</i>		✓	
<i>Ei selkeitä paikkoja korteille</i>			✓
<i>Eivät sovellu kaikkiin tuotteisiin</i>			✓
<i>Kaikille tuotteille ei lavapaikkoja</i>			✓

Kanban-korttien fyysinen kulku aiheutti vaikeuksia monien haastateltavien mielestä. Järjestelmää käyttöönotettaessa ei ollut kiinnitetty riittävää huomiota selkeän ohjeistuksen luomiseen. Tämä oli aiheuttanut epäselvyyttä, miten ja kenen kortteja pitäisi kuljettaa. Osittain tämän seurauksena Kanban-järjestelmän käyttöaste ei ollut riittävän suuri (100 %), jotta järjestelmä toimisi menestyksekkäästi. Lisäksi ei ollut esimerkiksi löydetty toimivaa tapaa kiinnittää kanban-kortit lavoille, jotta kortit olisivat kulkeneet helposti ja selkeästi lavojen mukana.

Nykyisessä Kanban-systeemissä koettiin ongelmalliseksi, ettei muovipuolta informoitu vajaasta muovikomponenttilavasta. Ajateltu toimintatapa oli raportoida vain kokonaisten muovikomponenttilavojen käyttö muovipuolelle. Vain osittain harjastetut muovikomponenttilavat palautettiin muovikomponenttivarastoon kanban-kortin kanssa, vaikka lava ei ollut täysi. Tämän seurauksena muovikomponentteja ei välttämättä ollut tarpeeksi varastoituna koko seuraavaan harjastuserään, koska tieto muovikomponenttien vähentymisestä siirtyi muovipuolelle vain, kun kokonainen muovikomponenttilava oli kulutettu. Ongelman syntymistä selittää se, että muovi- ja harjastuspuolen eräkoot eivät ole samankokoisia, ja harjastuksen eräkoot saattavat vaihdella tapauskohtaisesti. Kanban-kortti oli asetettu symboloimaan kokonaista lavaa, ja tästä johtuen muovipuolen informointi tapahtui vain kokonaisten lavojen osalta. Tämän seurauksena kanban-kortti siirtyi liian myöhään muovipuolelle, sillä harjastuksessa saattoi olla jo tarve suuremmalle määrälle muovikomponentteja kuin vajaalla lavalla oli jäljellä. Liian vähäisestä määrästä johtuen syntyi muovikomponenttien saatavuusongelma.

Tämän hetkisten kanban-korttien fyysiset ominaisuudet saattoivat olla sopimattomat. Esimerkiksi muovikomponenttivarastossa lavapaikkojen yhteydessä oleviin korttitaskuihin nykyiset kortit ovat liian suuret. Lisäksi korteille ei koettu olevan riittävän selkeästi nimettyjä paikkoja systeemin toimimiseksi hyvin. Selkeiden korttipaikkojen puuttumisen

kerrottiin johtaneen siihen, että kanban-kortteja oli viety niille kuulumattomille paikoille aiheuttaen ongelmia järjestelmän toimivuudessa.

Yhteenvetona nykyisen Kanban-järjestelmän koetut ongelmat voidaan jakaa kolmeen pääkohtaan: korttien vanhentuminen, ohjeistuksen riittämättömyys sekä konkreettisten kanban-korttien siirtämismekanismien toimimattomuus. Toisaalta haastatteluissa selvisi Kanban-järjestelmän toimiessa hyvin, valmistustarveinformaation siirtyi hyvällä ja selkeällä tavalla eri tuotantoprosessin vaiheiden välillä.

5.2.4 Yhteenveto havainnointitutkimuksen ja haastatteluiden vastauksista tutkimuksen alakysymyksiin

Tehdyssä havainnointitutkimuksessa päätavoitteena oli selvittää, mistä muovikomponenttien tuotanto saa tuotantosignaalin, ja miten muovipuoli vaikuttaa prosessin seuraavan vaiheen käyttöasteeseen. Havaintojen perusteella tuotantosignaalia muovipuolelle ei tule juuri mistään. Lisäksi kerätyt havainnot osoittavat harjastuspuolen käyttöasteen olevan korkea eikä muovipuoli vaikuta rajoittavan harjastuksen käyttöastetta. Toteutetusta havainnointitavasta johtuen havainnoinnissa ei täysin päästy tutkimaan mahdollista muovipuolen hidastavaa vaikutusta harjastuksen tuotannonsuunnittelussa.

Haastatteluiden päätarkoituksena oli selvittää tuotannon ja tuotannonohjauksen tämän hetkiset koetut ongelmat liittyen erityisesti muovikomponenttien valmistukseen. Haastatteluissa selvisi suurimpina tuotannon ongelmakohtina olevan huono informaation kulkeminen, laatuongelmat ja joidenkin tärkeiden tietojen huono saatavuus. Lisäksi nykyinen Kanban-järjestelmä todettiin toimimattomaksi kanban-korttien hukkumisesta, korttien tietojen ajantasaisuuden puuttumisesta sekä Kanban-järjestelmän huonosta ohjeistuksesta ja fyysisen kuljetavan toimimattomuudesta johtuen. Yhteenvetona esitetään havainnointin ja haastatteluiden avulla saavutetut vastaukset eri tutkimuksen alakysymyksiin alapuolella.

Mitkä ovat tuotannonohjausprosessin haasteet tällä hetkellä?

- Seuraava vaihe ei ohjaa muovipuolen tuotantoa.
- Tuotantomäärät ovat epäselvät.
- Informaatio kulkee huonosti.
- Nykyinen Kanban-järjestelmä on toimimaton.

Mikä on muovikomponenttien rooli liittyen tuotannonohjauksen haasteisiin?

- Tietämättömyys muovikomponenttien saatavuudesta vaikeuttaa tuotannonohjausta ja -suunnittelua prosessin seuraavassa vaiheessa.

Mistä muovikomponenttien tuotanto saa tuotantosignaalin tällä hetkellä?

- Tuotantosignaalia muovipuolelle ei tule mistään. Tuotanto toimii kokemukseen pohjautuvan syklin mukaisesti.

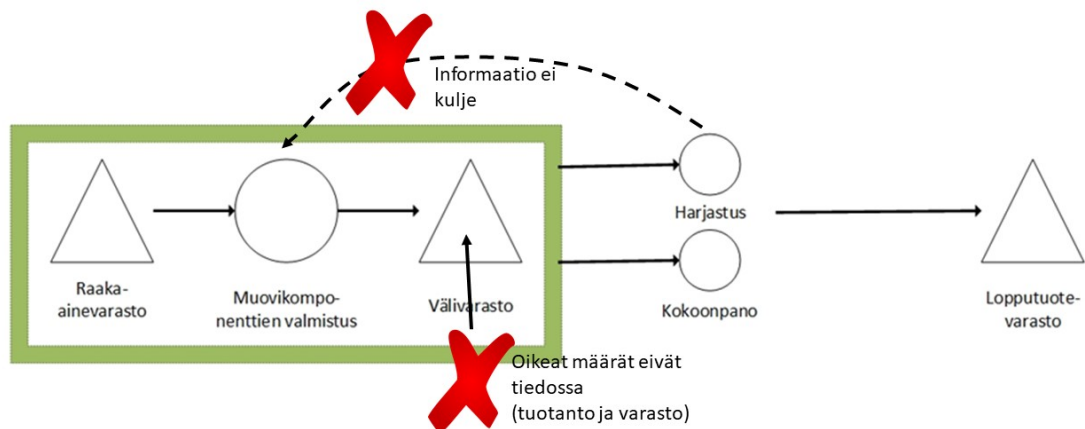
Mitkä tekijät rajoittavat muovikomponenttien tuotantoa?

- Informaation puutteista johtuvat epätietoisuudet tuotantomääristä sekä valmistuksen aloitusajankohdista.

Edellä esitellyistä vastauksista tutkimuksen alakysymyksiin huomataan, että toteutettujen haastatteluiden ja havainnoin avulla pystyttiin löytämään vastauksia tutkimuksen alakysymyksiin. Esitellyt vastaukset tutkimuksen alakysymyksiin kokoavat yhteen tämän hetkistä nykytilannetta kohdeyrityksen tuotannossa.

5.3 Haasteet prosessissa tällä hetkellä

Havainnoinnin ja haastatteluiden perusteella huomattiin, että muovipuoli toimii oikeastaan itsenäisenä osana valmistusprosessia. Informaatio tuotantomääristä ja komponentti-tarpeista ei siirry muovipuolelle. Prosessin seuraavasta vaiheesta ei tule tarvittavia tietoja, jotta muovipuoli pystyisi organisoimaan tuotantonsa seuraavan vaiheen tarpeiden mukaan, vaan muovipuoli ennemminkin työntää komponentteja oman rytminsä mukaisesti välivarastoon. Keskeisimmät havainnot tämän hetkisistä ongelmista työn tutkimusongelmaan liittyen on esitetty kuvassa 32.



Kuva 32. Suurimmat ongelmat muoviprosessin ohjaukseen liittyen nykytilassa.

Kuva 32 havainnollistaa sitä, että oikeat tuotanto- tai välivarastomäärät eivät ole selkeästi tiedossa muovipuolella. Lisäksi informaatio prosessin seuraavan vaiheen tarpeista ei siirry muovipuolelle, minkä seurauksena tuotantoajankohdan valitseminen sujuvasti

muovipuolella ei toimi. Tietämättömyys ja epävarmuus muovikomponenttien saatavuudesta on johtanut tuotannonsuunnittelun hankaloitumiseen harjastuspuolella. Epätietoisuus muovikomponenttien määristä on johtanut muovikomponenttimäärien tarkastamiseen tapauskohtaisesti ennen lopullista tuotannonsuunnittelua.

Informaation huonon kulun selittävänä tekijänä on kokonaisvaltaisen, selkeän ja ohjeistetun informaation välitystavan puuttuminen. Haastatteluiden avulla selvisi, että informaation välittämiseen käytetään todella montaa tapaa. Lisäksi nykyisessä Kanban-järjestelmässä on ilmennyt vaikeuksia: tietoja kortteihin ei ole päivitetty eikä kanban-korttien fyysinen siirtyminen ole toiminut. Tämän seurauksena informaatio ei ole välittynyt kanban-korttien avulla. Uutta informaation välitystapaa valittaessa on syytä huomioida tarve sen helppoon päivitettävyyteen ja käytettävyyteen.

Epävarmuus saatavuudesta tarkoittaa tietämättömyyttä sopivista välivaraston muovikomponenttimääristä. Systemaattisen varastotasojen määrittelyn puuttuminen on aiheuttanut sekä turhan suuria että pieniä varastotasoja. Liian suuret varastointimäärät aiheuttavat ongelmia tilojen riittävydessä ja liian pienet varastointimäärät voivat johtaa saatavuusongelmiin. Oikealla tavalla määrittelyillä varastointimäärillä varmistetaan, että komponentteja on järkevästi mitoitettu määrä prosessin seuraavan vaiheen tarpeeseen. Myös varastotilojen piirteet tulisi huomioida varastointimääriä valittaessa.

Haastatteluiden ja vapaan havainnoinnin perusteella hyvin toimiva tuotannonohjaustapa oli astiaharjojen supermarket-tyylinen ohjaaminen. Kyseiselle ohjauksella toimivien muovikomponenttien tuotantoon ei välttämättä kannata puuttua, sillä se toimii tällä hetkellä jo hyvin. Kyseinen osa muovipuolen tuotannosta rajataan tämän perusteella toimenpide-ehdotusten ulkopuolelle.

5.4 Muovikomponenttien kategorisointi menekin perusteella

Muovikomponenttien menekkiä hyödyntämällä muovikomponentteja jaoteltiin eri kategorioihin sopivien varastointimäärien ja tuotannonohjaustavan tai -tapojen löytämiseksi. Leonardo et al. (2017) mainitsee tuotannonohjausmenetelmän valinnan kannalta tärkeäksi esimerkiksi tuotannon volyymin, tuotemixin ja kysynnän ennustettavuuden. Lisäksi muun muassa Bonvik et al. (1997) toteaa Kanban-järjestelmän vaativan suhteellisen suuren ja tasaisen kysynnän sekä melko vähän erilaisia osia toimiakseen. Yrityksen muovikomponenttien menekit vaihtelevat muutamasta kymmenestä kappaleesta kuukaudessa jopa yli 30 000 kappaleeseen. Tämän takia ei yksi ja sama ohjaustapa välttämättä sovellu kaikille komponenteille. Ryhmiin jaottelua toteutettiin edellä mainittujen tuotantovolyymien, tuotemixin sekä kysynnän ennustettavuuden perusteella.

Muovikomponenttien menekkien käyttäytymistä analysoitiin komponenttikohtaisen tuotantovolyymien avulla. Tuotantovolyymista analysointiin määrää ja kausiluonteisuutta. Muovikomponentin kausiluonteisuuden selvittämiseksi käytettiin kolmea eri suhdelukua:

pienimmän kuukausimenekin suhdetta suurimpaan kuukausimenekkiin, kolmen pienimmän kuukausimenekin summien suhdetta kokonaismenekkiin ja kolmen suurimman kuukausimenekin summien suhdetta kokonaismenekkiin. Näiden kolmen suhdeluvun avulla tarkasteltiin kausiluonteisuutta tuotteista, joiden menekki on riittävän suuri kuukausitasolla (tuotannollisista syistä noin yli 500 komponenttia kuukaudessa).

Tuotantovolyymin tarkastelun tuloksena luotiin kaksi erityistavalla käyttäytyvää ryhmää: kausikomponentit ja isojen tilauserien komponentit. Kausikomponenttien menekki kasvaa huomattavasti kausikuukausien aikana, jolloin suurin osa menekistä tapahtuu. Muutamissa komponenteissa menekki paljastui olevan sellainen, että säännöllisesti tuli suuria tilauseriä. Kyseisiin komponentteihin vaikuttaisi tulevan yksittäiset suuret tilauserät, jotka toistuvat säännöllisesti luoden vaaditun tuotantosityklin.

Loppujen komponenttien kategorisointiin valittiin kaksi määräävää tekijää: tuoteperhe sekä menekki. Tuoteperheen valittiin kategorisointiperusteeksi tuotannollisista syistä: osa eri muovikomponenteista on kannattavaa valmistaa samassa ”nimikeryppäessä”, kun muotti on asetettu koneeseen. Samankaltaisuus on helpompaa huomioida, kun kategorisointi huomioi kyseisen seikan. Menekki valittiin kategorisointi perusteeksi, koska se määrittää keskeisesti sopivaa varastointimäärää. Suuren menekin komponentteja tarvitsee varastoida selvästi enemmän kuin pienemmän menekin komponentteja. Tuotannonohjaustapojen toimivuuteen vaikuttaa menekin luonne, joten menekkien mukainen kategorisointi on perusteltua.

Taulukossa 8 esitellään neljään eri kategoriaan jaotellut muovikomponentit. Kausiluonteisesti käyttäytyviä muovikomponentteja on kuusi, ja niiden varastomäärissä on huomioitava komponenttien kausiluonteinen menekki. Suurien tilauserien komponentteja on 12 kappaletta, joiden valmistamisen määräävänä perusteena on kyky suuren tilauserän toimittamiseen. Loppujen komponenttien osalta tuotantomäärän jaottelun määräävänä tekijänä on menekin huomioiminen tasaisen tuotannon ja sopivien eräkokojen löytämiseksi.

Taulukko 8. *Muovikomponenteille luodut kategoriat menekin perusteella.*

Kategoria	Komponenttien määrä	Tuotantomäärän peruste	Muu jaottelu peruste	Tavoite määrille
<i>Kausi</i>	6	Kausikerroin	-	Kauden kysynnän vastaamisen ennakointi
<i>Suuret tilauserät</i>	8	Tilaukoko	-	Suuren tilauksen toimitaminen
<i>Suuri menekki</i>	35	Menekki	Tuoteperhe	Tasainen tuotanto
<i>Pieni menekki</i>	64	Menekki	Tuoteperhe	Sopivat varastomäärät

Tasaisen menekin komponenteilla valittavana on, miten paljon muovikomponentteja on tarkoitus pitää välivarastossa. Kyseinen valinta varastotasosta antaa tiedon siitä, miten paljon komponentteja on seuraavaa vaiheen tarpeeseen. Varastointimäärän päättämiseen täytyy huomioida kuukausimenekin lisäksi varastotilat ja eräkoon tuotannolliset syyt. Tuotannollisia tekijöitä ovat esimerkiksi harjastuspuolen eräkoot tai muovipuolella samalla muotilla tehtävät muovikomponentit.

6. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Tässä luvussa esitellään tulosten perusteella muodostetut toimenpide-ehdotukset, jotka suositellaan yrityksen tehtäväksi osaprosessin tuotannonohjauksen kehittämiseksi. Tässä luvussa muodostetaan lopullinen ratkaisu tutkimuksen päätutkimuskysymykseen vastaamiseksi. Ensimmäiseksi luvussa 6.1 esitellään vaihtoehtoiset soveltuvat tuotannonohjausmenetelmät yrityksen osaprosessille sekä valitaan niistä yrityksen tilanteeseen sopivin menetelmä. Luvussa 6.2 esitellään varastosaldojen valinnassa huomioitavia seikkoja, jotta varastosaldot voidaan valita tuotteille onnistuneesti. Luku päättyy valitun toimenpide-ehdotuksen tarkempaan esittelyyn ja onnistuneen käytännön toteuttamisen ehtojen käsittelemiseen luvussa 6.3 sekä ehdotetun menetelmän hyötyjen mittaamisen käsittelyyn luvussa 6.4.

6.1 Tuotannonohjausmenetelmän vaihtoehtoiset ehdotukset

Aikaperusteiset ja ylijäämäperusteiset tuotannonohjausmenetelmät vaativat riittävät tietojärjestelmät toimiakseen (Gershwin 2000). Yrityksellä ei tällä hetkellä ole käytössään tuotannonohjaukseen soveltuvaa tietojärjestelmää. Järjestelmän hankkiminen on melko kallis investointi, joten tietoisena valintana alettiin tutkia ensisijaisesti symboliperusteisia tuotannonohjausmenetelmiä sovellettavaksi yrityksessä. Aika- ja ylijäämäperusteiset menetelmät rajattiin pois tutkittavista menetelmistä johtuen puutteellisista nykytilan tietojärjestelmistä.

Symboliperusteiset ohjausmenetelmät eivät vaadi tietojärjestelmiä toimiakseen, vaan tuotannonohjaus tapahtuu tuotannossa liikkuvien symbolien perusteella. Lisäksi menetelmissä hyödynnetään imuohjausta, joka korostaa tuotantoprosessin alavirran vaiheiden roolia tuotannonohjauksessa tuotantosignaalin välittäjänä. (González-r et al. 2012) Edellä mainitut symboliperusteisten menetelmien piirteet tekevät niistä yrityksen nykytilanteeseen sopivia.

Yrityksen tuotannosta tunnistettiin ominaisuuksia, jotka vaikuttavat tuotannonohjauksen valintaan. Kyseiset piirteet toimivat kriteereinä tuotannonohjaustapoja arvioitaessa, jotta valittu menetelmä sopii yrityksen tuotannon ominaisuuksiin. Piirteitä identifioidiin useampia. Muovikomponenttien kuukausittainen menekki vaihtelee aika paljon: muutamasta kymmenestä kappaleesta yli 30 000 kappaleeseen. Lisäksi joidenkin tuotteiden osalta kysynnässä esiintyy kausiluonteisuutta. Yrityksen valmistamasta 113 erilaisesta muovikomponentista tehdään 206 erilaista lopputuotetta joidenkin muovikomponenttien sisältyessä useampaan lopputuotteeseen, mikä monimutkaistaa muovikomponentin kokonaiskulutuksen seuraamista. Huomioitavana on myös, ettei muotteja voida vaihtaa muovipuolella koneisiin useita kertoja päivässä sekä muovi- että harjastuspuolen erikokoiset

eräkoot. Yrityksen kilpailuvaltin ollessa joustavuus ja nopea reagointikyky, myös tuotannonohjauksen halutaan tukevan näitä asioita.

Tarkempaan tarkasteluun valittiin teoriaosuudessa esitellyistä tuotannonohjausmenetelmistä Kanban, Generalized Kanban, Conwip ja Conwip/Kanban. Kyseiset menetelmät läpäisivät ominaisuuksiltaan ensimmäiset karkeat rajoitteet menetelmän valinnalle. Ne eivät vaadi tietojärjestelmiä toimiakseen ja ovat mahdollisimman yksinkertaisia toteuttaa, kun huomioidaan yrityksen tuotannon piirteet ja rajoitteet. Valikoituja menetelmiä vertaillaan tunnistettujen yrityksen piirteiden avulla. Muista teoriaosuudessa esitellyistä symboliperusteisista ohjausmenetelmistä PAC, Generic Kanban ja POLCA soveltuvat paremmin monimutkaisempiin tuotantoympäristöihin. DBR-menetelmä ei sovellu yrityksen tilanteeseen, sillä selvää pullonkaulaa ei tuotantoprosessissa esiinny. Extended Kanban- ja BS-menetelmät vaatisivat parempia tietojärjestelmiä toimiakseen, joten ne rajautuivat tarkemman tarkastelun ulkopuolelle.

6.1.1 Päivitetyn Kanban-menetelmän soveltaminen

Kanban-menetelmässä korttien avulla välitetään sekä tuotantosignaali että tuotantomäärien valinta muovipuolelle. Menetelmä on melko yksinkertainen luoda: tarvitaan tiedot menekistä, jonka perusteella korttien määrät, varastotasot ja eräkoot määritetään. Menetelmän toimivuuden suurimmat haasteet ovat yrityksen vaihteleva kysyntä eri muovikomponenttien välillä sekä saman symbolin (kanban-kortin) käyttäminen sekä tuotantomäärän että tuotantosignaalin ilmaisemiseen.

Muovikomponenttien vaihteleva ja joidenkin komponenttien kohdalla pieni kysyntä aiheuttaa haasteita kanban-menetelmän soveltamiselle. Kysynnänvaihtelu aiheuttaa tarvetta päivittää kanban-korttien määriä, jotta tuotanto saadaan toimimaan sujuvasti. Esimerkiksi Hopp & Spearman (2000) toteaa, että Kanban-menetelmä on hankala saada toimimaan pienen volyymin ja suuren kysyntävaihtelun tuotantoympäristöissä.

Ongelmalliseksi kanban-kortin kaksi roolia tekee yrityksen tuotannon piirre, jossa tuotannollisista syistä eräkoot ovat erilaiset muovi- ja harjastuspuolella. Ongelma on näkynyt nykytilassa siten, että harjastuspuolen muovikomponenttien kulutusta ei ole pystytty informoimaan muovipuolelle kuin kokonaisten lavojen kohdalla. Osittain käytetty lava ei välttämättä ole riittänyt koko seuraavaan tuotantoerään, mistä on koitunut saatavuusongelmia. Kanban-kortin symboloima määrä pitäisi asettaa riittävän pieneksi, jottei kyseistä saatavuusongelmaa syntyisi. Kanban-kortin ilmaiseman määrän pitää soveltua sekä kysynnän informointiin että tuotantomäärän ilmaisemiseen, jotta menetelmä saadaan toimimaan. Pienen ja vaihtelevan kysynnän tuotannossa kortin symboloiman arvon määrittely toimivaksi voi olla hankalaa. Kortin symboloidessa jotain muuta kuin kokonaista lavaa, on erittäin tärkeää varmistua yksiselitteisen ja selkeän ohjeistuksen luomisesta, mitä määrää yksittäinen kortti symboloi.

Toimiessaan Kanban-menetelmä tekisi muovipuolen tuotannonohjauksesta helppoa. Korttien toimiessa tuotannon lupasignaaleina, tuotantoa voidaan pyörittää aina korttien saapuessa muovipuolelle. Muovipuoli valmistaa komponentteja kortissa olevien tuotantomäärien mukaan ja siinä järjestyksessä kuin ne tulevat prosessin seuraavalta vaiheelta muovipuolelle. Optimaalisessa tilanteessa muovipuolen ei tarvitse tehdä muuta kuin pyörittää koneita korttien tietojen perusteella. Kuitenkin tämän hetkisen Kanban-menetelmän toimimattomuuden takia sitä kohtaan koetaan jonkin asteista vastarintaa, mikä hankaloittaa menetelmän käyttämistä ja uudistamista sellaisenaan.

6.1.2 Muunnellun Generalized Kanban -menetelmän soveltaminen

Generalized Kanban -menetelmässä tuotantomäärä ja -ajankohta välitetään eri tavoilla. Tuotantomäärän valinta muovipuolella perustuu muovikomponenttien määritelyihin varastosaldoihin. Komponenttivarastossa on tarkoituksena pitää määriteltyä perusvarastoa yllä, jonka perusteella tuotantomäärät valitaan (Frein et al. 1995). Tuotantoajankohdan tietämiseksi hyödynnetään korttisysteemiä. Seuraavan prosessinvaiheen kysyntä, eli varastotason muutoksesta kertova informaatio, siirretään kortteja hyödyntämällä muovipuolen tietoon.

Varastosaldojen määrittäminen on edellytys tuotantomäärien tietämiseksi systeemissä. Menetelmän etuna on se, että varastomäärät pystytään määrittelemään ja päivittämään komponenttikohtaisesti. Tämä huomioi yrityksen komponenttien kysyntävaihtelua. Tuotanto käynnistyy varastosaldon ollessa määritellyn minimirajan alapuolella, joten menetelmän toimivuus on hyvin riippuvainen oikeankokoisiksi määritellyistä varastosaldoista.

Kysyntäinformaation ja tuotantomäärän erottaminen sujuvoittaa informaation siirtymistä. Menetelmässä kysynnän siirtäminen ei ole rajattu kanban-kortissa määriteltyyn määrään. Tämä asia sopeutuu hyvin yrityksen tuotannon piirteeseen, jossa tuotantoprosessin vaiheiden eräköotot ovat eriävät. Kysyntätiedon siirtäminen ilman tarkkoja lukumääriä soveltuu myös paremmin yrityksen pienemmän menekin komponenttien kohdalla, sillä tapahtuvaa kysyntää voidaan informoida myös todella pienissä määrissä.

Tämä menetelmä aiheuttanee lisätyötä muovipuolelle. Muovipuolen tarvitsee tarkkailla ja tehdä tarkistuksia varastosaldosta korttien perusteella. Menetelmä tarvitsee toimiakseen selkeästi määritellyt varastopaikat, jotta komponenttien etsimiseen ei kulu kohtuuttoman paljon aikaa. Varastopaikat voidaan määritellä joko komponenttikohtaisesti tai tarvittaessa komponenttiryhmäkohtaisesti, jotta varastosaldojen tarkistaminen olisi riittävän yksinkertaista toteuttaa.

6.1.3 Conwip-menetelmän soveltaminen

Conwip-menetelmässä tuotantoa kontrolloidaan koko tuotantoprosessin näkökulmasta, ja tuotannon aloitussignaali tulee lopputuotevarastosta prosessin ensimmäiseen vaiheeseen (Hopp & Spearman 2000). Käytännössä tuotantosignaali siirtyisi lopputuotevarastosta muovipuolelle Conwip-korttien avulla. Kortit voitaisiin toteuttaa joko komponenttikohdaisiksi tai yleisiksi, ja ne siirtäisivät sekä määrää että tuotannon aloitusinformaatiota. Conwip-menetelmän avulla lopputuotevarastosta lopputuotteen kulutuksesta siirtyisi tieto muovipuolelle, jonka tuotannon aloittamisen lopputuotevarasto valtuuttaisi kortin avulla.

Kysyntäinformaation siirtyminen lopputuotevarastosta suoraan muovikomponenttituotantoon saattaa olla ongelmallista. Osa muovikomponenteista kuuluu useampaan lopputuotteeseen, mikä tarkoittaa kulutuksen muodostumista useamman lopputuotteen yhteismenekistä. Kyseinen tuotannon piirre hankaloittaa komponenttitasoisien menekkiinformaation siirtämistä lopputuotevarastosta, sillä lopputuotteiden kysyntäinformaatio pitäisi yhdistää jotenkin komponenttitason menekin saamiseksi. Ilman tietojärjestelmän käyttämistä yhdistämisestä tulee monimutkaista.

Conwip-menetelmän soveltaminen korostaa lopputuotevaraston roolia määritettäessä varastoitavia tuotantomääriä. Menetelmä luultavasti kasvattaisi lopputuotevarastoa, mutta vähentäisi välivarastoja, koska tuotantoprosessin alettua menetelmässä on tarkoitus saada työ valmiiksi mahdollisimman nopeasti. Toimiakseen menetelmä vaatisi onnistuneella tavalla määriteltyjä lopputuotevaraston saldoja ja Conwip-korttien määriä, jotta tuotanto ehtisi valmistamaan tarvittavat tuotteet tarpeeksi nopeasti.

6.1.4 Conwip/Kanban-menetelmän soveltaminen

Conwip/Kanban -menetelmässä tuotannon aloittaminen tapahtuisi muovipuolella, kun sekä harjastuspuolelta saapunut kanban-kortti että lopputuotevarastosta saapunut conwip-kortti olisi saatavilla. Tuotantomäärä määräytyy kanban-kortissa olevan tuotantomääräinformaation perusteella.

Menetelmän ongelmalliset piirteet yrityksen tuotantoympäristön piirteisiin on yhdistelmä Kanban- ja Conwip -menetelmien haasteista. Kanban-kortin symboloima tuotantomäärän ja kysyntäinformaation määrän välinen tasapaino on hankala toteuttaa, ja kysyntävaihtelu asettaa painetta korttien päivittämiselle. Lisäksi muovikomponenttikohtaisten menekkitietojen siirtäminen conwip-kortilla olisi hankala toteuttaa lopputuotevarastosta niiden komponenttien kohdalla, joiden kysyntä muodostuu monesta lopputuotteesta.

Menetelmän etuna on parempi tuotantoajankohdan ajoittaminen. Conwip-kortin hyödyntäminen tarkoittaa sitä, että muovipuoli saisi tiedon lopputuotevarastolta oman tuotonsa aloittamiseksi. Tämä mahdollistaisi tuotannon aloittamisen viivästyttämisen muo-

vikomponenttien kulutuksesta huolimatta niin pitkään, kunnes lopputuotevarastosta ilmaistaisiin tarve jollekin tuotteelle. Seurauksena olisi keskeneräisen tuotannon määrän väheneminen.

Toimiakseen menetelmä vaatisi samat asiat kuin Kanban- ja Conwip-menetelmät. Molempien korttien määrät pitäisi määrittää sekä kortit tehdä. Lisäksi korteille kohdistuu sama päivittämisen tarve kuin Kanban-menetelmässä.

6.1.5 Tuotannonohjausmenetelmäehdotuksen valinta

Ehdotettujen ohjausmenetelmien ominaisuuksia on esitelty taulukossa 9. Eroavaisuudet liittyvät siihen, miten tuotantomäärien määrittäminen sekä miten ja mistä kysyntäinformaation siirtäminen tapahtuu. Kyseiset ominaisuudet määrittävät menetelmien soveltuvuutta yrityksen tuotantoympäristöön, joten menetelmien ominaisuuksien ja eroavaisuuksien vertailu voi toimia tuotannonohjausmenetelmän valinnan perusteena.

Taulukko 9. Ehdotettujen tuotannonohjausmenetelmien vertailua.

Menetelmä	Tuotantomäärien määrittäminen	Informaation välitys	Kortti symboloi	Tuotantosignaali	Tuotantosignaalin lähde	Mahdolliset päivittävät asiat
<i>Päivitetty Kanban</i>	Kortti	Kortti	Tuotantomäärä ja kysyntä	Kortista	Seuraava vaihe (harjastus)	Kortit
<i>Muunneltu Generalized Kanban</i>	Varastosaldo	Tuotantotaulu ja kortti	Kysyntä seuraavassa vaiheessa	Varastotasosta	Seuraava vaihe (harjastus)	Varastot
<i>Conwip</i>	Kortti	Kortti	Kysyntä lopputuotevarastossa	Kortista	Lopputuotevarasto	Kortit
<i>Conwip/Kanban</i>	Kortti	Kanban-kortti ja Conwip-kortti	Tuotantomäärä ja kysyntä	Molemmat kortit muovipuolella	Seuraava vaihe ja lopputuotevarasto	Molemmat kortit

Taulukosta 9 huomataan, että päivitettyssä Kanban-, Conwip-, ja Conwip/Kanban-menetelmissä kortti symboloi sekä tuotantomääriä että kysyntää. Yrityksen muovikomponenttien menekkien vaihteluun sekä muovijärjestyspuolen erikokoisiin valmistuseräkoikiin kortin kaksisymbolinen merkitys soveltuu huonosti. Kortin ilmaisemien tuotanto- ja kysyntämäärien määrittely molempia käyttötarkoituksia palvelevaksi on hankalaa muovikomponenttien kysynnän vaihtelun ja erikokoisten eräkojen takia. Tämän vuoksi

muunnellun Generealized Kanban -menetelmän käyttämä tuotanto- ja kysyntämäärien jaottelu kontrolloitavaksi erotettuna toisistaan vaikuttaisi soveltuvan paremmin yrityksen tuotantoympäristöön.

Muovikomponentteja voidaan käyttää monessa myytävässä lopputuotteessa, mikä hankaloittaa kysyntäinformaation siirtämistä lopputuotevarastosta suoraan muovipuolelle. Kysyntäinformaation muokkaaminen muovikomponenttitasolle pitäisi toteuttaa jollakin tavalla, jotta lopputuotetason informaatiosta saataisiin muovikomponenttitason menekki selville. Ilman soveltuvaa laskentaohjelmaa komponenttitasoisen tiedon saaminen on työlästä. Kyseisen yrityksen ominaisuuden takia Conwip- ja Conwip/Kanban-menetelmät vaikuttavat sopeutuvan yritykselle huonommin kuin muunnellut Kanban- ja Generalized Kanban -menetelmät, sillä Conwip- ja Conwip/Kanban-menetelmissä kysyntäinformaatio siirtyy lopputuotevarastosta muovipuolelle. Vain yhtä muovikomponenttia sisältävien lopputuotteiden kohdalla Conwip- ja Conwip/Kanban-menetelmät voisivat olla toimiva ratkaisu.

Tuotannonohjausmenetelmän päivitettävyyden helppous ja sen tarjoama joustavuus tuotannolla vaikuttaa myös menetelmän soveltuvuuteen, sillä yrityksen kilpailukyvyyn kannalta merkittävä asia on toiminnan joustavuus. Muunnellussa Kanban-, Conwip- ja Conwip/Kanban-menetelmissä päivitettävänä asiana on korttien määrät ja tiedot korteissa. Generalized Kanban -menetelmässä kuuluu päivittää varastotasot. Fyysisten korttien päivittäminen on työläämpää kuin digitaalisessa muodossa olevien varastoarvojen. Päivitettävyyden helppouden perusteella Generalized Kanban -menetelmä vaikuttaa paremmalta. Päivitettävyyden helppous voi myös tukea joustavuuden saavuttamista siten, että tuotantomääriä voidaan muokata helpommin ja nopeammin.

Muunneltu Generalized Kanban -menetelmä vaikuttaisi yllä olevan vertailun perusteella ominaisuuksiltaan sopeutuvan parhaiten yrityksen tuotantoympäristöön. Menetelmän ominaisuudet vaikuttavat helpottavan yrityksestä tunnistettujen tuotannon ja tuotantoympäristön piirteiden huomioimista tuotannonohjauksessa. Edellä esitettyjen perusteluiden perusteella tuotannonohjauksen toteuttaminen ehdotetaan toteutettavan muunnellun Generalized Kanban -menetelmän avulla. Menetelmän toteuttamista ja käytännön toteutuksen tekemistä esitellään luvussa 6.3.

6.2 Varastotasojen valinta tuotteille

Oikeankokoisiksi määritellyt varastotasot ovat merkittävin asia ehdotetun tuotannonohjausmenetelmän onnistuneessa toiminnassa, sillä varastotason muutokset toimivat tuotannon käynnistämisen signaaleina. Varastotasojen oikeanlaisuus mahdollistaa varastotilojen riittävyyden sekä komponenttien valmistamisen ajallaan.

Varastotasojen valinnassa pitäisi päättää kaksi asiaa: maksimi- sekä minimimäärä muovikomponentille. Maksimimäärä kertoo sen, miten paljon muovikomponentteja voi enintään

olla varastossa. Kyseinen raja toimii määräävänä tekijänä, josta muovikomponentteja valmistettaessa katsotaan varastoon täydennettävä määrä eli valitaan valmistuksen eräkoko. Minimimäärä toimii hälytysrajana komponentin valmistamiselle. Minimimäärän alittuminen toimii muovipuolelle tuotannon aloittamissignaalina. Jäljellä olevien komponenttien määrä ja varaston maksimimäärän erotus määrittää tehtävien muovikomponenttien lukumäärän.

Muovikomponenteille luodut kategoriat auttavat varastotasojen valinnassa. Muovikomponentit jaoteltiin kausikomponentteihin, suurien tilauserien komponentteihin sekä pieni- ja suurimenekkisiin komponentteihin. Kausikomponenteilla on oltava riittävän suuret varastotasot ennen sesonkikuukausien alkua. Suurien tilauserien muovikomponentteja on järkevää varastoida aina vähintään yhden tilauseräkoon verran, jotta koko tilaus pystytään harjastamaan ja toimittamaan. Sekä pienen että suuren menekin komponenttien varastotasojen valinnassa on tehtävä päätös, miten pitkän ajan tarve varastoon tehdään.

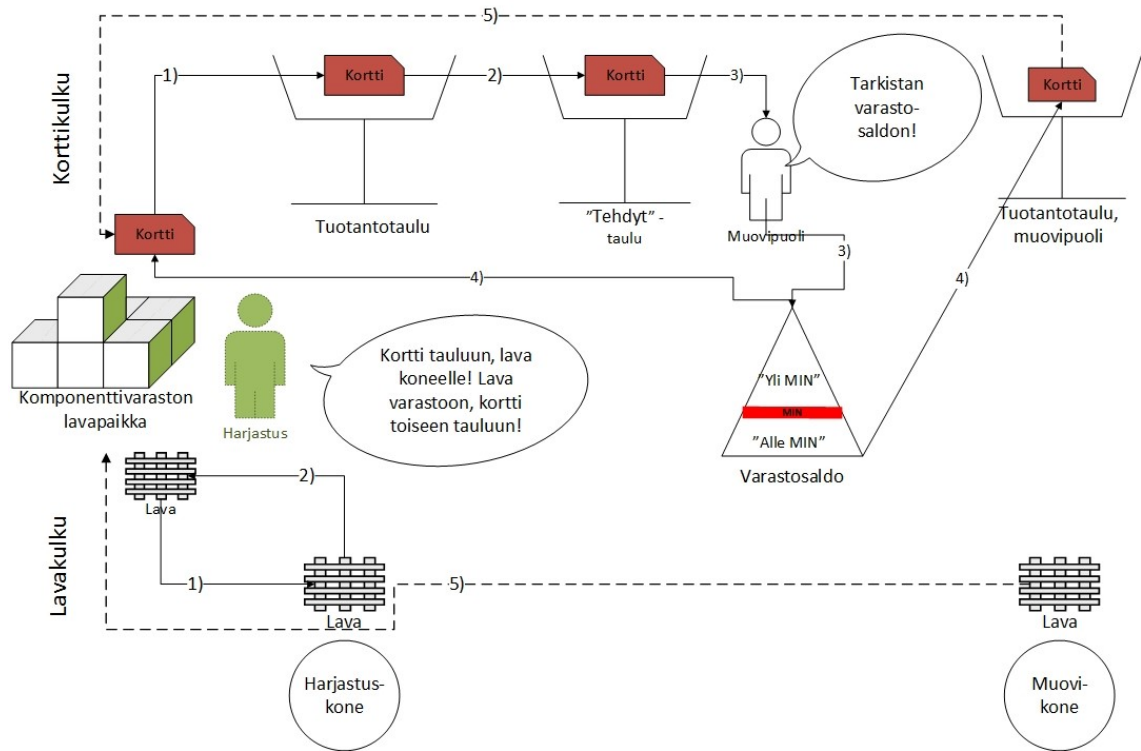
Tuotannollisten asioiden ja rajoitteiden hyödyntäminen voi auttaa järkevän varastotason valinnassa. Esimerkiksi harjastuksen minimieräkoosta voisi saada kätevästi määriteltäviä muovikomponentille minimimäärän varastoon. Lavalle ja yksittäiseen säilytyslaatikkoon mahtuvien kappaleiden määrä rajoittaa varastointimäärän valitsemista. Muovikomponentin, lavan ja laatikon fyysiset ominaisuudet määrittelevät mahdolliset selkeät varastoarvot, jotka voidaan kätevästi toteuttaa lavojen tai laatikoiden lukumäärien yhteissummasta. Varastotilan maksimaalisen hyödyntämisen saamiseksi ei ole järkevää valita varastomääriä huomioimatta kyseisiä rajoitteita.

Määritelty varastomäärä ei saa aiheuttaa tarvetta liian monen muovikomponentin valmistamiseen kuukauden aikana. Kuukauden aikana valmistettaville erilaisille muovikomponenteille on olemassa raja-arvo johtuen valmistusmuottien vaihtamiseen kuluva ajasta. Muovipuolella muotteja ei voida vaihtaa useita kertoja päivässä muun työn häiriintymättä. Esimerkiksi maksimissaan kahdeksalla vaihdolla viikossa kuukauden aikana vaihtoja voisi olla 32 kappaletta. Muovipuolella pystyy enintään valmistamaan 42 erilaista muovikomponenttia, kun huomioidaan muovipuolen kymmenen koneen kapasiteetti. Esimerkiksi kaikkia 113 erilaista on mahdotonta pystyä kuukauden aikana valmistamaan. Kaikkien tuotteiden varastomäärien määrittelemisen jälkeen on syytä tehdä tarkistus, ettei varastomääriä ole laadittu mahdottomiksi toimia. Tarkistaminen voi tapahtua laskemalla keskimääräinen erilaisten komponenttien valmistustarve kuukauden aikana. Erilaisten komponenttien valmistustarve saadaan suhteuttamalla valitut varastotasot ja kuukausimenekkeihin.

6.3 Valitun ehdotuksen toteuttaminen käytännössä

Ehdotetussa Muunnellussa Generalized Kanban -menetelmässä on kaksi osaa: korttipohjainen systeemi kysynnän informoimiseksi ja varastomäärän seuranta tuotantomäärien

selvittämiseksi. Tuotannon aloitus muovipuolella tapahtuu, kun muovikomponentin varastosaldo menee alle määritellyn minimimäärän. Varastosaldon muutosten kertomiseen käytetään korttisysteemiä, jonka avulla muovikomponenttien varastosaldojen muutoksista muovipuolta informoidaan. Muutosten informointiin hyödynnetään harjastuskonekohtaista tuotantotaulua sekä jo käytetyistä komponenteista kertomaa ”tehdyt”-taulua. Systemin käytännön toimintaperiaatetta havainnollistetaan kuvassa 33.



Kuva 33. *Hahmotelma ratkaisuehdotuksen vaiheittain tapahtuvasta toiminnasta korttien ja lavojen osalta.*

Ehdotetussa systeemissä informaation ja lavojen siirtyminen tapahtuu vaiheittain kuvan 33 osoittamalla tavalla. Harjastuspuolen vastuulla on tehdä systeemin 1) – 2)-vaiheet ja muovipuolen vastuulla on toteuttaa 3) – 5)-vaiheet. Vaiheissa tehtävät asiat ovat:

Harjastuspuolen vaiheet:

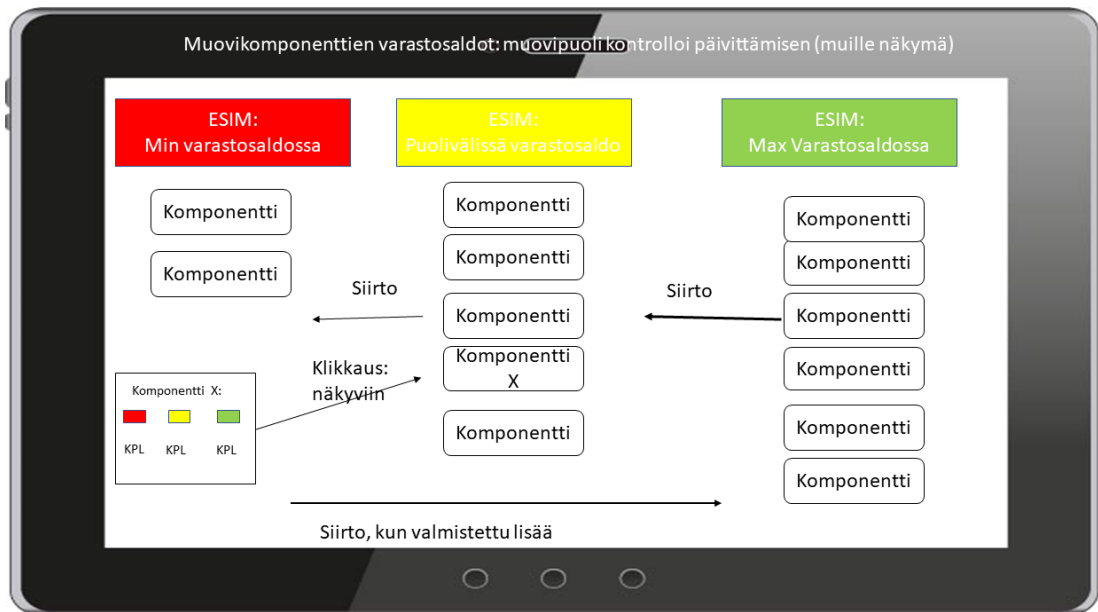
- 1) Harjastuksen aloittaessa oman tuotantonsa tarvittavat muovikomponentit haetaan muovikomponenttivarastosta. Tarvitut muovikomponentit otetaan komponentti- ja lavakohtaisen kortin kanssa mukaan. Kortti siirretään tuotantotauluun konekohtaiselle paikalle, ja muovikomponenttilava siirretään harjastuskoneelle.
- 2) Harjastuksen päätyttyä palautetaan muovikomponentit takaisin niiden hyllypaikalle muovikomponenttivarastossa. Samalla siirretään kortti tuotantotaulun vieressä sijaitsevaan ”tehdyt”-tauluun informoimaan varastomäärän muutosta. Jos koneella jatke-

taan saman muovikomponentin harjastusta, mutta haetaan uusi muovikomponenttilava harjastettavaksi, siirretään yhden lavan kulumisen osoittamiseksi vanha kortti ”tehdyt”-tauluun ja laitetaan uusi kortti tuotantotauluun.

Muovipuolen vaiheet:

- 3) Muovipuoli tarkistaa ”tehdyt” -taulun tilanteen perusteella muovikomponentin varastosaldon. Varastosaldon perusteella tehdään valinta muovikomponenttituotannon aloittamisesta.
- 4) Varastosaldon minimimäärä määrää toteutetaanko vaihtoehto a) vai b). A) -vaihtoehto tehdään varastosaldon ollessa yli minimimäärän ja b) -vaihtoehto sen ollessa alle.
 - a) Jos muovikomponentin varastosaldo ei ole mennyt varaston minimimäärän alle, palauttaa muovipuoli vain kortin muovikomponenttivarastoon sille osoitetulle paikalle. Jos kyseisen kortin komponenteille ei ole lavaa varastossa, siirtää muovipuoli kortin oman tuotantotaulun yhteydessä olevaan ”odottaa minimimäärä alitusta” -tauluun. Tällöin kortti siirtyy takaisin muovikomponenttivarastoon vasta, kun lava on tehty täyteen muovikomponentteja.
 - b) Jos varastosaldo on alle minimimäärän, kortti siirretään muovipuolen tuotantotaululle odottamaan tuotantoa. Valmistettavien komponenttien määrä eli tuotantoerä määräytyy määritellyn varaston maksimisaldon ja tämänhetkisen varastomäärän perusteella.
- 5) Kun muovikomponentit on saatu valmistettua, kortti ja muovikomponentit siirtyvät yhdessä takaisin muovikomponenttivarastoon niille osoitetulle paikalle.

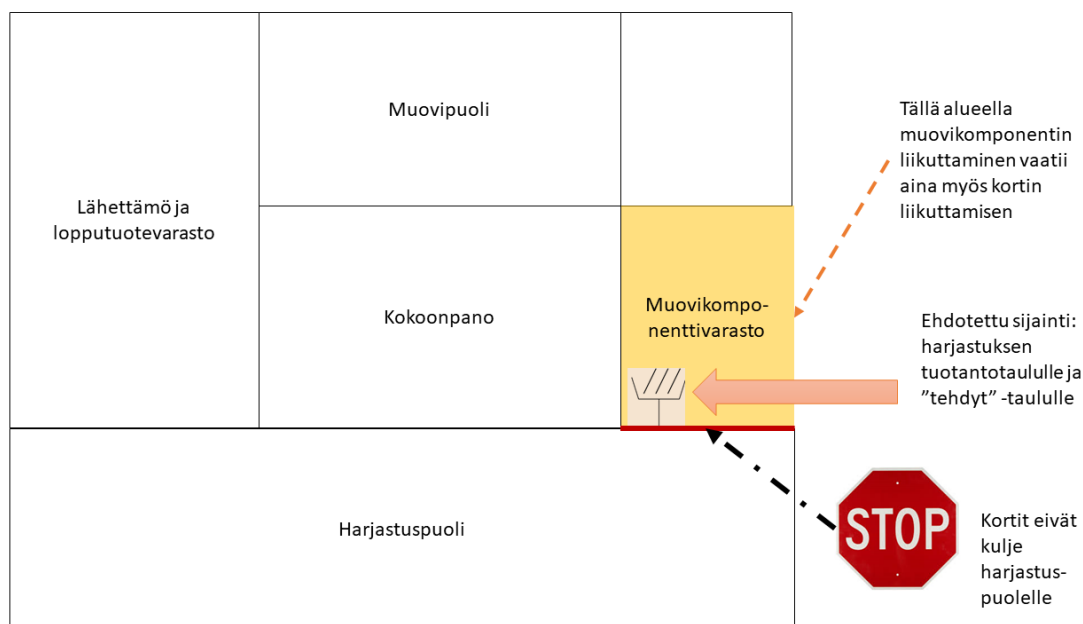
Varastosaldon seuraamista on mahdollista helpottaa esimerkiksi tabletin avulla. Varastosaldotietojen ollessa yhdessä näkymässä olisi helpompi huomata, jos monen muovikomponentin varastosaldo olisi lähellä minimirajaa. Kiireettömänä hetkenä tämä voisi auttaa valitsemaan jonkin komponentin valmistettavaksi, vaikka varastosaldon minimirajaa ei ole saavutettu tehden mahdollisuuden tuotannon joustavuudelle. Koko varastosaldon näkeminen samalla kertaa voisi auttaa myös huomaamaan, jos monen muovikomponentin varastosaldo olisi pieni. Hahmotelma varastosaldon seuraamisesta tablettinäkymästä on esitelty kuvassa 34.



Kuva 34. *Hahmotelma tabletin näkymästä varastosaldon seuraamisen helpottamiseksi.*

Muovipuoli hoitaa tabletin näkymän päivittämisen varastosaldon tarkistamisen yhteydessä. Muovikomponentteja symboloidaan tabletin näkymässä suorakulmioiden avulla, joiden varastotilannetta voidaan seurata esimerkiksi kuvassa 34 näkyvän liikennevalopuolusteisesti luotavien kategorioiden avulla. Varastosaldon muuttuessa komponentti siirretään kategoriasta toiseen. Tabletin näkymään voitaisiin myös lisätä tietoja komponentin maksimi- ja minimivarastomääristä. Välittämällä näkymä esimerkiksi harjastusvaiheelle tai myynnin tietoon voisi suuren tilauksen toimituspäivämäärälupauksen suunnittelu helpottua.

Korttien oikean kulkemisen varmistamiseksi korttien liikkumisalue on rajoitettu. Kortit eivät kulje harjastuspuolelle, vaan pysyvät muovikomponenttivarastossa. Nykyisessä Kanban-järjestelmässä oli ilmennyt ongelmia siinä, että kortit olivat hukkuneet harjastuspuolelle. Hukkumisen estämiseksi kortteja ei viedä harjastuspuolelle, vaan korttien pysyminen pelkästään muovikomponenttivarastossa kuuluu ohjeistaa. Tämän seurauksena tuotantotaulu ja ”tehdyt” -taulun sijainti on muovikomponenttivarastossa. Ehdotuksen piirteitä tilaratkaisun osalta esitellään kuvassa 35.



Kuva 35. Ehdotetun systeemin informaation siirtämiseen tarkoitettujen taulujen sijainnit yrityksen tiloissa.

Menetelmässä on sen toimimisen kannalta tunnistettavissa kaksi kriittisintä osaa: onnistunut varastomäärien määrittäminen ja informaation siirtäminen suunnitellulla tavalla. Varastomäärät on määriteltävä komponenttikohtaisesti järkeviksi, jotta tuotanto on sujuvaa. Varastotasojen valinnassa huomioitavia asioita käsiteltiin jo luvussa 6.2. Riittävällä ohjeistamisella varmistetaan systeemin mukainen toimintatapa.

Toimintatapojen ohjeistamiseen kuuluu monta vaihetta. Ensimmäisenä asiana systeemin käyttöönotto tulee tapahtua hallitusti ja kaikkia osapuolia informoiden, jotta jokainen työntekijä tietää oman roolinsa, tehtävänsä ja vastuunsa systeemissä. Työntekijöiden vastuut pitää olla selkeästi määritelty ja viestitty. Oikean toimintatavan iskostamiseksi työntekijöiden mieleen toimintaa olisi kannattavaa valvoa.

Ohjeistamisessa pitäisi huomioida myös erikoisemmat tilanteet. Harjastuksen muuttuessa muovikomponentista puukomponenttiin tarvitsee muistaa siirtää tuotantotaululla ollut kortti ”tehdyt” -tauluun. Kyseinen toimintatapa varmistaa sen, että muovipuolelle tieto siirtyy heti harjastuksen päättymisen jälkeen. Haettaessa puukomponentteja ei välttämättä tulla käyneeksi enää muovikomponenttivarastossa, minkä takia oikean toimintatavan ohjeistaminen olisi tärkeää.

Toinen haasteellinen tilanne voi syntyä pienimenekkisten komponenttien kohdalla, joita varastoidaan vain yksi lava. Minimivarastointimäärä voi olla alittunut, jolloin kortti on muovipuolen tuotantotaululla. Jos harjastus kyseisessä tilanteessa aloittaa muovikomponentin käyttämisen valmistamiseen, ei korttia ole tarjolla laitettavaksi tuotantotauluun. Kyseiseen tilanteeseen käytettävä toimintatapa pitäisi ohjeistaa, jotta epäselvyyksiltä välttyttäisiin.

Muovikomponenttien varastosaldon seuraamisen helpottamiseksi edellytyksenä on hyllypaikkojen määrittelemine muovikomponenttivarastoon. Heloiten seuraaminen onnistuisi, jos jokaiselle muovikomponentille olisi oma määritelty hyllypaikka. Vaihtoehtoinen tapa hyllypaikkojen määrittelyyn olisi jakaa hyllypaikat jonkin muovikomponenttiryhmän käyttöön. Tapaa valittaessa tarvitsee huomioida varastotilojen koko ja määritetyt varastointimäärät. Muutos aiheuttaa myös tarpeen ohjeistamiselle. Lajojen kuljettaminen muovikomponentin omalle hyllypaikalle olisi syytä ohjeistaa, jotta muovikomponentit toimitettaisiin takaisin oikeille paikoille harjastuspuolelta.

Kortit ja niissä olevat tiedot olisi suunniteltava. Korteissa voisi olla tietoja varastosaldon seuraamisen helpottamiseksi. Esimerkiksi täydellä lavalla olevien komponenttien lukumäärä ja kyseisen muovikomponenttilavojen yhteislukumäärä helpottaisivat varaston seuraamista. Lajojen lukumäärää voisi ilmaista esimerkiksi eriväristen korttien avulla. Korteihin voisi lisätä myös varastosaldon minimi- ja maksimimäärät, mutta tietojen päivittäminen säännöllisesti fyysisiin kortteihin olisi työläämpää. Tavoiteltujen varastomäärätietojen pitäminen digitaalisessa muodossa tekisi päivittämisestä helpompaa.

Systeemiä pitää kehittää ja päivittää säännöllisesti, jotta tuotantoympäristön muutokset voidaan ottaa huomioon. Tarpeellisten muutosten toteuttamiseksi päivittämisen ja kehittämisen vastaava henkilö kuuluisi nimetä. Tämän avulla olisi mahdollista varmistaa esimerkiksi tavoiteltujen varastotasojen säännöllinen päivittäminen vastaamaan muuttunutta kysyntää.

6.4 Ehdotetun ohjausmenetelmän hyötyjen mittaaminen ja seuraaminen

Tuotannon suorituskyvyn kaksi keskeisintä mittaria imuohjaustuotannossa on keskeneneräisen tuotannon määrä ja asiakastilausten täyttöaste (Boonlertvanich 2005). Kyseisten suorituskykymittareiden avulla seurataan myös ratkaisuehdotuksen hyvyttä. Diplomityön tavoitteena oli helpottaa seuraavan tuotantoprosessin vaiheen tuotannonsuunnittelua, minkä perusteella voidaan sanoa asiakastilausten täyttöasteen olevan merkittävin suorituskykymittari muovikomponenttien valmistuksessa. Muovikomponenttituotannon pitäisi kyetä aina vastaamaan seuraavan vaiheen kysyntään, joka voidaan tulkita palveltavasti asiakkaaksi. Tästä seuraa vaatimus, ettei muovikomponenttien varastosaldo menisi koskaan negatiiviseksi. Tavoitellut varastotasot on valittava kyseinen tavoite huomioiden. Keskeneneräisen tuotannon määrään kohdistuvia menetelmän hyötyjä voidaan mitata seuraamalla muutoksia varastomäärissä. Taulukossa 10 on esitelty kyseisten suorituskykymittareiden seuraamiseen tarkoitettu työkalu. Keskimääräinen varastomäärä voi joidenkin tuotteiden kohdalla vähentyä, mutta sen pitäisi tapahtua ilman varastosaldon ajautumista negatiiviseksi missään vaiheessa.

Taulukko 10. *Esimerkki sovellettavasta työkalusta uuden ohjaustavan hyötyjen mittaamiseksi ja seuraamiseksi.*

Muovikomponentti	Keskimääräinen varasto (2017)	Kk-mennekki (2017)	Varastosaldo ollut negatiivinen (2017)	Tavoiteltu keskivarasto	Toteutunut keskivarasto?	Varastosaldo negatiivinen?
336VA	4 600	4 600	✓			
MUO320VA	3 900	1 770	✓			
MUO510PU	9 750	4 600	✓			
MUO374	15 080	5 300	✓			
MUO349K	5 200	750				
MUO207	4 500	1 900				

Taulukko 10 on jaettu kahteen osaan: neljä vasemmanpuoleista saraketta antavat tietoja vuoden 2017 osalta ja kolme oikeanpuoleista saraketta toimivat tavoiteltujen hyötyjen seurantaan. Luotua taulukkoa on tarkoitus hyödyntää ehdotetun ohjausmenetelmän hyötyjen seuraamisessa täydentämällä tietoja taulukkoon. Esimerkiksi varastotason meneminen miinukselle toimii systeemissä hälyttävänä asiana: syy sen tapahtumiseen vaatii selvittämistä ja joitakin muutoksia systeemiin. Jos syyksi varastotason negatiiviseksi menemiseen paljastuu varastotason pienuus, vaihtoehtona on varastotason kasvattaminen. Tavoiteltu keskivarasto voidaan täydentää, kun komponentin kohdalla tavoiteltu varastotaso on määritetty luvun 6.2 ohjeiden mukaisesti hyödyntämällä kysyntätietoja sekä muita tuotannollisia asioita varastotasoa määritettäessä. Toteutuneen keskivaraston avulla seurataan toteutuneita muutoksia.

Koko tuotannon suorituskyvyn arviointia voidaan tehdä määrittämällä asiakastilausten täyttöaste kaavan 3 mukaisesti (Jacobs et al. 2011). Kuitenkin vain muovipuolen tuotannonohjauksen muutosten vaikutuksia täyttöasteeseen voi olla hankala arvioida. Tämä johtuu siitä, että voi olla vaikea pystyä näyttämään, mitkä hyödyt juuri muovipuolen tuotannon muutoksissa ovat parantaneet lopputuotteiden saatavuutta suoraan varastosta. Koko tuotannon ja sen ohjauksen kehittämisen näkökulmasta asiakastilausten täyttöasteen seuraaminen voisi olla järkevää, jotta tuotannon ja tuotannonohjauksen tilaa asiakkaan palvelemisen näkökulmasta seurattaisiin jollakin mittarilla.

7. PÄÄTELMÄT

Tämä luku kokoaa yhteen diplomityön aikana saavutetut tärkeimmät tulokset, kertoo tutkimuksen onnistumisesta sekä antaa vinkkejä jatkotutkimukselle. Luku koostuu seuraavista osioista: Luvussa 7.1 on yhteenveto työstä. Työn onnistumisen arviointi tapahtuu luvussa 7.2. Tämä luku päättyy jatkotutkimustarpeen käsittelyyn luvussa 7.3.

7.1 Yhteenveto

Yritys voi hallita tuotantoa erilaisten tuotannonohjausmenetelmien avulla. Menetelmät välittävät tiedot tuotantomääristä ja kysyntäinformaatiosta eri tavoin. Tuotantoympäristön piirteet määrittävät sopivimman ohjausmenetelmän. Tuotantoympäristön piirteistä esimerkiksi kysynnän luonne, erilaisten tuotteiden määrä ja tuotantovolyyymi vaikuttavat sopivimman ohjausmenetelmän valintaan (Leonardo et al. 2017).

Tässä diplomityössä tarkoituksena oli löytää ratkaisu muodostettuun päätutkimuskysymykseen hyödyntäen haastattelu- ja havainnointitutkimuksia. Työn päätutkimuskysymys oli:

Millä tuotannonohjausratkaisulla parannetaan tuotantoprosessin eri vaiheiden välistä koordinaatiota ja sen tuloksena prosessin läpivirtausta?

Tutkimuksessa selvisi tuotantoprosessin seuraavan vaiheen tuotannonsuunnittelun vaikeutumisen liittyvän seuraavan vaiheen epätietoisuuteen muovikomponenttien saatavuudesta. Saatavuuden epätietoisuuden syyksi paljastuivat merkittävimmin asioina valmistustarveinformaation huono kulkeminen muovipuolelle ja varastointimäärien oikeanlaisen määrittelyn puuttuminen. Seuraavan vaiheen tuotannonsuunnittelun helpottamiseksi muovikomponenttien saatavuudesta ei tulisi olla epäselvyyttä. Saatavuuden takaamiseksi tuotantomäärät ja kysyntätiedot pitäisi tulla muovipuolen tietoon.

Ohjausmenetelmän valinnan kannalta tuotannon merkittävimmit piirteiksi löydettiin muovikomponenttien menekkivaihtelu, muovikomponenttien kuuluminen useampaan lopputuotteeseen, erikokoiset eräkoot muovi- ja harjastuspuolella sekä joustavuuden merkitys tuotannossa. Ohjausmenetelmistä parhaiten tuotannon piirteiden ohjausmenetelmälle asettamia vaatimuksia vastaa muunneltu Generalized Kanban -menetelmä, jonka perusteella tuotannonohjausta ehdotetaan toteutettavaksi.

Ehdotetussa muunnellussa Generalized Kanban -menetelmässä kysyntäinformaatioon siirtämiseen käytetään kortteja ja tuotantomäärät määritetään varastotasoon perustuen. Korttien ja tuotantotaulun avulla tuotantoprosessin seuraava vaihe, harjastus, informoi muovikomponenttien kulutuksesta muovipuolta. Tämän tiedon perusteella muovipuoli

tarkastaa muutoksen varastotilanteessa. Muovikomponenttien tuotanto aloitetaan, jos varastotaso on alle määritellyn minimitason.

Varastotasojen määrittelyn tueksi muovikomponentit jaoteltiin kysynnän perusteella kategorioihin. Menekivaihtelun perusteella luotiin neljä kategoriaa: kausi, suurien tilauserien, suuren menekin ja pienen menekin muovikomponentit. Kyseistä ryhmäjakoja varastotilojen ja tuotannollisten rajoitteiden kanssa suositellaan käytettäväksi varastotasojen määrittelyn tukemiseksi. Varastotasojen oikeanlainen määrittely on kriittinen asia ohjausmenetelmän toimivuuden kannalta.

Tuotannonohjausmenetelmän onnistuneeseen implementointiin annettiin tässä diplomityössä ohjeita. Implementointiin kuuluvia tehtäviä ovat esimerkiksi varastomäärien ja -paikkojen määrittely sekä korttisysteemin toiminnan ohjeistaminen. Uuden ohjaustavan etujen arviointiin luotiin mittaristotyökalu hyötyjen todentamiseksi ja seuraamiseksi. Menetelmän toiminnan pitkäjänteinen varmistaminen vaatii sen säännöllistä päivittämistä ja kehittämistä.

7.2 Työn onnistumisen arviointi

Laadullisessa tutkimuksessa tutkimuksen validiteetti tarkoittaa tutkimuksen laatua, täsmällisyyttä ja luotettavuutta (Golafshani 2003). Myös kvalitatiivisessa tutkimuksessa tutkijan on osoitettava tutkimuksensa validiteetti eli tutkimuksen uskottavuus arvioimalla tutkimuksen validiteettia (Creswell & Miller 2000).

Tämän tutkimuksen validiteettia lisäävät erilaiset käytetyt tutkimusmenetelmät: vapaa havainnointi, haastattelut ja havainnointitutkimus. Nykytilan analyysin perustuessa eri menetelmien avulla kerättyihin tietoihin voidaan sen tulosten luotettavuutta pitää hyvänä. Toisaalta saman asian tutkimiseen useammalla eri tavalla liittyy riski, että kertaalleen havaittuun piirteeseen yritetään tiedostamatta löytää havaintoa tukevia asioita. Lisäksi empiirisen osuuden luotettavuutta pyrittiin parantamaan kirjaamalla tehdyt tutkimukselliset valinnat muistiin sekä hyödyntämällä esimerkiksi litterointia haastatteluiden analyysiin.

Havainnointitutkimuksessa tehtyjen valintojen seurauksena ei päästy havainnoimaan tuotantoprosessin seuraavan vaiheen tuotannonsuunnittelun oletettua vaikeutumista muovikomponenttipuutteista johtuen. Käsitykset seuraavan vaiheen tuotannonsuunnittelun vaikeudesta muodostettiin vain haastatteluiden avulla, mikä voi vähentää joidenkin tutkimuksessa havaittujen nykytilan haasteiden luotettavuutta.

Ratkaisuehdotuksen valintakriteereinä käytettiin haastatteluiden ja havainnoinnin perusteella havaittuja tuotannon piirteitä ja haasteita. Tuotannon piirteet ja haasteet löydettiin tässä diplomityössä etsimällä vastaukset tutkimuksen alakysymyksiin. Ehdotettu ohjausmenetelmä antaa vastauksen päätutkimuskysymyksen, sillä se helpottaa eri vaiheiden

koordinoimista. Vastaamalla diplomityössä sekä päätutkimuskysymykseen että alakysymyksiin voidaan sanoa tutkimuksen onnistuneen tavoitteessaan.

Toisaalta tutkimuksen ja ratkaisuehdotuksen onnistumista rajoittaa se, ettei järjestelmää testattu käytännössä tämän diplomityön laajuudessa. Järjestelmän testauksella olisi voitu arvioida ehdotuksen soveltuvuutta yrityksen tilanteeseen paremmin. Käytännön testauksen toteuttaminen olisi antanut lisämahdollisuuksia ratkaisuehdotuksen onnistumisen ja luotettavuuden arviointiin.

Työssä ei käsitelty uuden, tuotantoa tukevan tietojärjestelmän hankkimista. Vertailua uuden tietojärjestelmän hankkimisen tuomien etujen ja muiden tapojen välillä ei suoritettu. Tämän takia uuden tietojärjestelmän tuotannonohjausta mahdollisesti parantavien vaikutusten analysointi on tämän tutkimuksen rajauksen ulkopuolella.

7.3 Jatkotutkimustarve

Tehty tutkimus nosti esille muutamia tarpeita jatkotutkimukselle. Ensimmäisenä jatkotutkimustarpeena on viedä ehdotettu menetelmä käytäntöön. Tämän avulla pystytään todentamaan menetelmästä saatavat hyödyt ja muutokset. Käyttöön otossa ilmenneiden asioiden avulla voi ehdotettua menetelmää vielä jatkokehittää.

Yrityksen tuotannonohjauksen jatkokehittämiseksi voisi tarkasteluun ottaa tuotannonohjauksen yrityksen koko tuotantoprosessin näkökulmasta eli huomioida myös harjastuksen ja lopputuotevaraston välinen ohjaaminen. Loogisena jatkumona muovipuolen tuotannonohjauksen kehittämiseksi olisi hyvä tarkastella muovipuolen ohjausmenetelmän soveltuvuutta harjastuksen ja lopputuotevaraston välisen ohjauksen kehittämiseksi. Tässä diplomityössä tehdyt huomiot voisivat toimia apuna tuotannonohjauksen kehittämiseen tarkastelussa koko yrityksen näkökulmasta.

Muovipuolen toiminnan jatkokehitykseen tämän diplomityön laajuuden ulkopuolelta nousi kaksi merkittävää asiaa. Muovikomponenttien laadun katsottiin toteutetuissa haastatteluissa olevan hyvin tärkeä asia, joten laadun seuraaminen ja kehittäminen voisi olla yksi kehitettävistä kohteista. Lisäksi muovipuolella toimintatapojen luominen ja kirjaaminen ylös sille, miten ja mikä kone valitaan muovikomponenttia valmistavaksi koneeksi, voisi vähentää muovipuolen työntekijäriippuvuutta.

Jatkoselvittämistä vaatii myös uuden tietojärjestelmän hankkiminen. Uudessa tietojärjestelmässä selvitettävänä olisi saatavat edut verrattuna kustannuksiin. Tietojärjestelmän soveltuvuutta yrityksen tuotantoon sekä tuotannonohjausmenetelmään olisi syytä myös arvioida.

LÄHTEET

- Baynat, B., Buzacott, J.A. & Dallery, Y. (2002). Multiproduct kanban-like control systems, *International Journal of Production Research*, Vol. 40(16), pp. 4225-4255.
- Bonney, M.C., Zhang, Z., Head, M.A., Tien, C.C. & Barson, R.J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, Vol. 59(1), pp. 53-64.
- Bonvik, A.M., Couch, C.E. & Gershwin, S.B. (1997). A comparison of production-line control mechanisms, *International Journal of Production Research*, Vol. 35(3), pp. 789-804.
- Boonlertvanich, K. (2005). Extended-CONWIP-Kanban system: control and performance analysis, Dissertation, Georgia Institute of Technology, 243 p.
- Castillo-Montoya, M. (2016). Preparing for interview research: The interview protocol refinement framework, *The Qualitative Report*, Vol. 21(5), pp. 811-831.
- Cavaye, A.L. (1996). Case study research: a multi-faceted research approach for IS, *Information Systems Journal*, Vol. 6(3), pp. 227-242.
- Chang, T.M. & Yih, Y. (1994). Generic kanban systems for dynamic environments, *International Journal of Production Research*, Vol. 32(4), pp. 889-902.
- Cochran, D.S. & Dobbs, D.C. (2001). Evaluating manufacturing system design and performance using the manufacturing system design decomposition approach, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 20(6), pp. 390-404.
- Creswell, J.W. & Miller, D.L. (2000). Determining validity in qualitative inquiry, *Theory into practice*, Vol. 39(3), pp. 124-130.
- Dallery, Y. & Liberopoulos, G. (2000). Extended kanban control system: combining kanban and base stock, *IIE Transactions*, Vol. 32(4), pp. 369-386.
- Duri, C., Frein, Y. & Di Mascolo, M. (2000). Performance evaluation and design of base stock systems, *European Journal of Operational Research*, Vol. 127(1), pp. 172-188.
- Framinan, J.M., González, P.L. & Ruiz-Usano, R. (2006). Dynamic card controlling in a Conwip system, *International Journal of Production Economics*, Vol. 99(1), pp. 102-116.

- Frein, Y., Di Mascolo, M. & Dallery, Y. (1995). On the design of generalized kanban control systems, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15(9), pp. 158-184.
- Gershwin, S.B. (2000). Design and operation of manufacturing systems: the control-point policy, *IIE Transactions*, Vol. 32(10), pp. 891-906.
- Golafshani, N. (2003). Understanding reliability and validity in qualitative research, *The Qualitative Report*, Vol. 8(4), pp. 597-606.
- Gong, Q., Yang, Y. & Wang, S. (2014). Information and decision-making delays in MRP, KANBAN, and CONWIP, *International Journal of Production Economics*, Vol. 156 pp. 208-213.
- González-r, P.L., Framinan, J.M. & Pierreval, H. (2012). Token-based pull production control systems: an introductory overview, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 23(1), pp. 5-22.
- Hayes, R.H. & Wheelwright, S.C. (1979). Link Manufacturing Process and Product Life Cycles, *Harvard Business Review*, March–April, pp. 127–136
- Hopp, W.J. & Spearman, M.L. (2000). *Factory physics: foundations of manufacturing management*, 2.th ed. Irwin McGraw-Hill, New York; Singapore, 698 p.
- Jacobs, F.R., Berry W.L., Whybark, C. & Vollmann, T.E. (2011). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*, APICS/CPIM Certification ed. McGraw-Hill Professional, US, 576 p.
- Jick, T.D. (1979). Mixing qualitative and quantitative methods: Triangulation in action, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 24(4), pp. 602-611.
- Karaesmen, F. & Dallery, Y. (2000). A performance comparison of pull type control mechanisms for multi-stage manufacturing, *International Journal of Production Economics*, Vol. 68(1), pp. 59-71.
- Kleijnen, J.P.C., Gaury, E.G.A. & Pierreval, H. (2000). An evolutionary approach to select a pull system among Kanban, Conwip and Hybrid, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 11(2), pp. 157-167.
- Lam, S.Y., Shankar, V., Erramilli, M.K. & Murthy, B. (2004). Customer value, satisfaction, loyalty, and switching costs: an illustration from a business-to-business service context, *Journal of The Academy of Marketing Science*, Vol. 32(3), pp. 293-311.

Leonardo, D.G., Sereno, B., Daniel Sant Anna da Silva, Sampaio, M., Massote, A.A. & Simões, J.C. (2017). Implementation of hybrid Kanban-CONWIP system: a case study, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 28(6), pp. 714-736.

Liberopoulos, G. & Dallery, Y. (2000). A unified framework for pull control mechanisms in multi-stage manufacturing systems, *Annals of Operations Research*, Vol. 93(1-4), pp. 325-355.

Liker, J.K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*, McGraw-Hill, New York, 330 p.

Modig, N., Åhlström, P. & Tillman, M. 2013, *Tätä on lean: ratkaisu tehokkuusparadoksiin*, 1. p., Rheologica Publishing, Tukholma, 167 s.

Cheng, M.J., & Simmons, J.E.L. (1994). Traceability in Manufacturing Systems, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14(10), pp. 4-16.

Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point, *International Journal of Production Economics*, Vol. 85(3), pp. 319-329.

Ptak, C.A., Smith, C. & Orlicky, J. (2013). *Orlicky's material requirements planning*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, 352 p.

Sakki, J. (1999). *Logistinen prosessi: tilaus-toimitusketjun hallinta*, 4. uud. p., 238 s.

Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*, 5th ed. Prentice Hall, Harlow, 614 p.

Kumar, S.C., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 32(3), pp. 393-408.

Sharma, S. & Agrawal, N. (2009). Selection of a pull production control policy under different demand situations for a manufacturing system by AHP-algorithm, *Computers & Operations Research*, Vol. 36(5), pp. 1622-1632.

Simchi-Levi, D. (2014). *Operations Rules: Delivering Customer Value Through Flexible Operations*, 1st ed. MIT Press, Cambridge, 254 p.

Skinner, W. (1978). *Manufacturing in the corporate strategy*, 1st ed. Wiley, New York, 323 p.

Slater, S.F. (1997). Developing a customer value-based theory of the firm, *Journal of The Academy of Marketing Science*, Vol. 25(2), pp. 162.

Spearman, M.L., Woodruff, D.L. & Hopp, W.J. (1990). CONWIP: A pull alternative to kanban, *International Journal of Production Research*, Vol. 28(5), pp. 879-894.

Srivatsan, N. & Dallery, Y. (1998). Partial characterization of optimal hedging point policies in unreliable two-part-type manufacturing systems, *Operations Research*, Vol. 46(1), pp. 36-45.

Stevenson, W.J. (2009). *Operations management*, 10th ed. McGraw-Hill/Irwin, Boston (MA), 906 p.

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F. & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system, *The International Journal of Production Research*, Vol. 15(6), pp. 553-564.

Thürer, M., Stevenson, M., & Protzman, C. W. (2016). Card-based production control: a review of the control mechanisms underpinning Kanban, ConWIP, POLCA and CO-BACABANA systems. *Production Planning & Control*, 27(14), pp. 1143-1157.

Womack, J.P. & Jones, D.T. (1996). Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection, *Harvard Business Review*, Vol. 74(5), pp. 140-158.

Yan, H., Lou, S., Sethi, S., Gardel, A. & Deosthali, P. (1996). Testing the robustness of two-boundary control policies in semiconductor manufacturing, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 9(2), pp. 285-288.

LIITE A: MUOVIPUOLEN DATANKERUULOMAKE

[illegible]

[illegible]

LIITE C: HAASTATTELUKYSYMYSRUNKO

TUTKIMUSHAASTATELU

Haluaisin ensiksi kiittää mahdollisuudesta haastatella teitä työtäni varten. Kuten aiemmin on käynyt ilmi, olen tekemässä diplomityötä Tampereen Teknilliseen Yliopistoon aiheenani muovipuolen tuotannonohjauksen kehittäminen yrityksessä. Tuotannonohjauksella tarkoitetaan tapaa, jolla valmistusmäärät ja -ajankohta valitaan. Haastattelun tarkoituksena on perehtyä yrityksen nykytilaan ja erityisesti muovikomponenttituotannon rooliin koko tuotannon näkökulmasta. Haastattelun arvioitu kesto on 30-60 minuuttia. Haastattelu ja siitä saatava materiaali on tarkoitettu vain tutkimuskäyttöön, ja niitä käsitellään luottamuksellisesti. Haastattelun aluksi haluaisin tiedustella, sallitteko haastattelun äänittämisen?

Taustaa:

- 1) Kuvaile millainen on työtehtäväsi ja työnkuvasi yrityksessä?
- 2) Mikä on mielestäsi yrityksen tärkein/tärkeimmät kilpailutekijä(t)?

Tuotannon ja tuotannonohjauksen nykytila:

- 3) Miten hyvin tuotanto ja tuotannon suunnittelu toimivat tällä hetkellä?
- 4) Selosta lyhyesti, miten päätökset valmistettavista tuotteista tehdään?
- 5) Millainen on roolisi tehtäessä valintaa valmistettavasta tuotteesta osastollasi?
- 6) Nimeä kolme merkittävintä asiaa, jotka vaikuttavat eniten valmistettavan tuotteen valinnan suunnitteluun
 - a. helpottavasti?
 - b. vaikeuttavasti?
- 7) Millaisia vaikutuksia muovikomponenttien tuotannolla on työhösi tai yrityksen tuotantoon?
- 8) Aikaisemmin oli, ja osittain vieläkin yrityksessä on, käytössä tuotannonohjaukseen tarkoitettua kanban-korttia:
 - a. Miksi kanban-korttien käyttö on vähentynyt?
 - b. Millaista hyötyä korttien käytöstä saavutettiin?
 - c. Millaisia ongelmia korttien käytössä ilmeni?
 - d. Millaisia parannuksia korttisysteemi vaatisi?
- 9) Millä tavoin informaatio valmistustarpeista välittyy sinulle ja millä eri keinoin välität valmistustarpeen eteenpäin?
- 10) Millaisia asioita arvioisit tekevän työssäsi, jotka vaikuttavat muovikomponenttien valmistukseen? Miten asiat näkyvät muovipuolella? Entä harjastuspuolella?

Ongelmat ja haasteet:

- 11) Mitkä ovat yleisimmät ongelmat ja haasteet, jotka kohtaat työssäsi?
- 12) Millaisia ovat yleisimmät haasteet ja ongelmat, jotka liittyvät tuotannon suunnitteluun?
- 13) Millaisia ongelmia tai haasteita muovikomponenttituotanto aiheuttaa työhösi tai yritykselle?
- 14) Millaiset asiat voisivat hankaloittaa tai hankaloittavat jo valmistuksen suunnittelua?

Ideointi:

- 15) Miten kehittäisit yrityksen/harjastuksen/muovipuolen tuotannonohjausta?
- 16) Millaiset muutokset yrityksen tuotannossa tai tuotannonohjauksessa auttaisivat tai helpottaisivat sinua työssäsi?